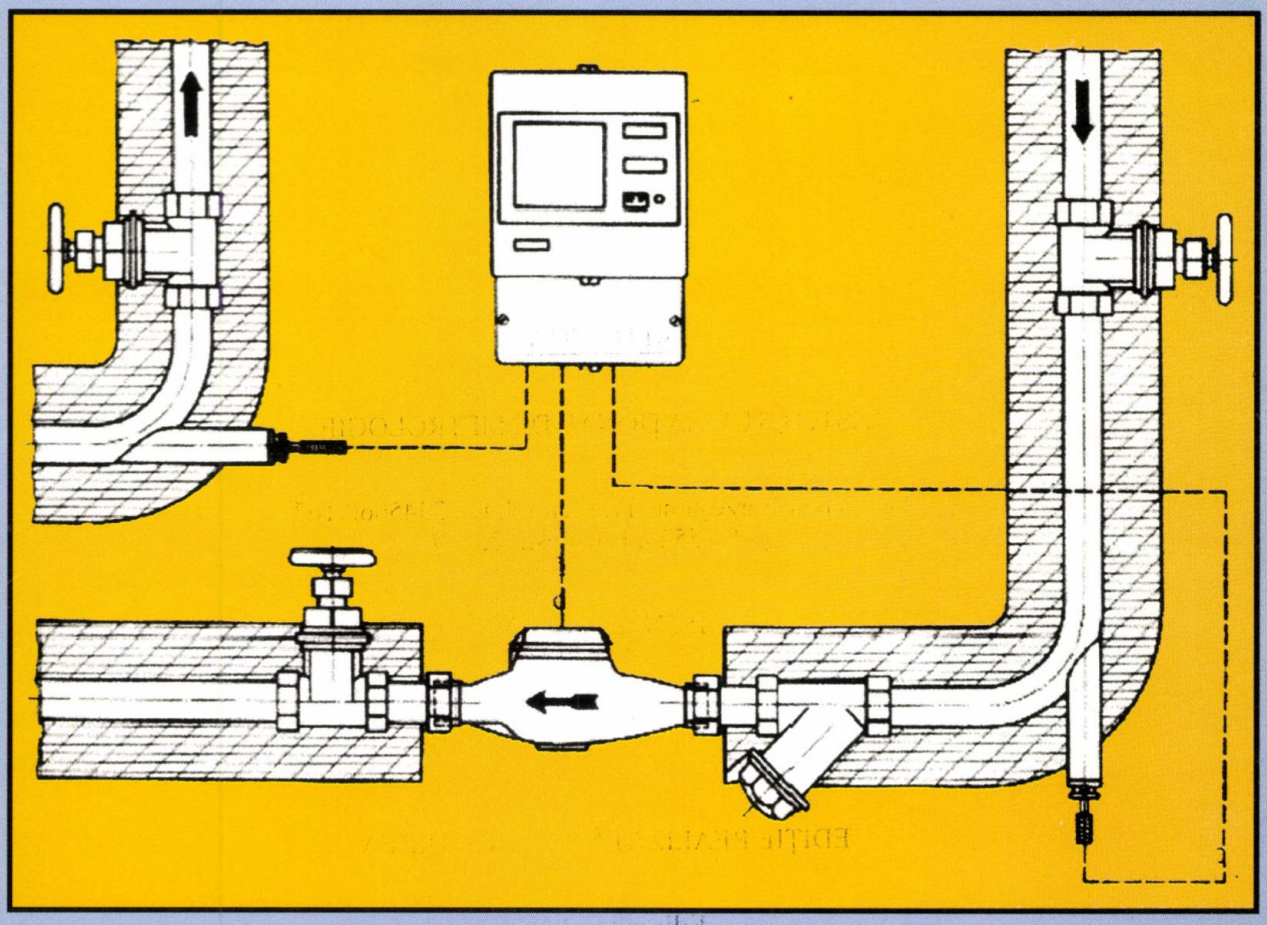
INM Nr.1/2001

E8225 FF
8 000001 298828

metrologie



SUMMARY

PAUL DÂRVARIU: The new European Measuring Instruments Directive (MID) – an available model for the future legal metrology regulations in Romania 2

PAUL DÂRVARIU: Measuring thermal energy using heat meters and distributing heating costs among the inhabitants of blocs of flats (III) 11

IOANA IZABELA ODOR: On the technical possibilities to confirm a digital comparator as a measurement standard 26

INFORMATION

SOMMAIRE

PAUL DÂRVARIU: La nouvelle Directive Européenne pour les Instruments de Mesure (MID) – un modèle disponible pour les prochaines dispositions de métrologie légale en Roumanie 2

PAUL DÂRVARIU: Le mesurage de l'énergie thermique à l'aide des compteurs et la repartition des coûts de chauffage entre les habitants des immeubles colectifs (III) 11

IOANA IZABELA ODOR: Sur la possibilités techniques de confirmer un comparateur numérique comme étalon 26

INFORMATIONS

REDACŢIA

INSTITUTUL NAŢIONAL DE METROLOGIE

Şos. Vitan-Bârzeşti nr. 11, sector 4, tel. 3345060/167
şi 3345520; Bucureşti; 75669

ISSN 1200-546 X

EDIŢIE REALIZATĂ SUB ÎNGRIJIREA

Editurii Tehnice

Piaţa Presei Libere 1, sector 1, Bucureşti, cod poştal 71341,
tel. 222.66.30, fax 224.21.64

Cererile pentru abonamente vor fi adresate Editurii Tehnice S.A., Biroul de comenzi şi desfacere,
Bucureşti, str. Oteteleşeanu nr. 1, sector 1, cod poştal 70702. tel. 315.88.66
cont virament 2511.1 – 200.1 / ROL deschis la BCR sector 1.
Costul unui abonament anual este 216 000 lei.

METROLOGIE

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Műszaki Információs Központ és Könyvtár
2001
Olvasóterem

Publicaţie tehnico-ştiinţifică
editată de
INSTITUTUL NAŢIONAL DE METROLOGIE

SUMAR

PAUL DÂRVARIU: Noua Directivă Europeană pentru aparatele de măsurat (MID) – un model disponibil pentru viitoarele reglementări de metrologie legală din ţara noastră 2

PAUL DÂRVARIU: Contorizarea energiei termice şi repartizarea individuală a cheltuielilor pentru încălzire la blocurile de locuinţe (III) 11

IOANA IZABELA ODOR: Posibilităţi tehnice de atestare ca etalon a unui comparator digital 26

INFORMAŢII

*
* *

Colectivul de redacţie: dr. ing. Dragoş BOICIUC (*redactor responsabil adjunct*), dr. ing. Mirella BUZOIANU, dr. ing. Florin CREŢU, ing. Dumitru DINU, dr. ing. Steluţa DUŢĂ, ing. Sonia GAIŢĂ, prof. univ. dr. ing. Fănel IACOBESCU (*redactor responsabil*), ing. George POPA, ing. Gelu POPOVICI, ing. Mihai SIMIONESCU, ing. Ionel URDEA

Secretar de redacţie: Irina STAN

METROLOGIE, vol. XLVIII (Serie nouă) nr. 1/2001 pag. 1–32

NOUA DIRECTIVĂ EUROPEANĂ PENTRU APARATELE DE MĂSURAT (MID) – UN MODEL DISPONIBIL PENTRU VIITOARELE REGLEMENTĂRI DE METROLOGIE LEGALĂ DIN ŢARA NOASTRĂ

Paul Dârvariu[*)]
Ileana Tipuriţă[**)]

Abstract: *The paper presents the principles of the "new approach" on which the MID is based, as well as the technical, economical and legal consequences of this new document. The efforts of the European Commission towards harmonizing the measuring instruments market and the foreseeable impact of the directive on the programme of the Romanian Bureau of Legal Metrology for the elaboration and revision of the metrological regulations are emphasized.*

Résumé: *L'article présente les principes du "new approach" sur lesquelles le MID est basé, aussi que les conséquences techniques, économiques et légales de ce nouveau document. On souligne les efforts de la Commission Européenne pour l'harmonisation de la marché des instruments de mesure et l'influence envisagé de la directive sur le programme du Bureau Roumaine de Métrologie Légale d'élaboration et de revision des dispositions de métrologie légale.*

1 Introducere

Armonizarea reglementărilor europene de metrologie legală a devenit o necesitate primordială, odată cu crearea Pieţei Unice. În acest context, încă de la începutul anilor '70, s-au adoptat 23 de directive, referitoare la mai multe categorii de mijloace de măsurare. Din cauza gradului înalt de detaliere a specificaţiilor tehnice, s-a constatat că, aceste directive nu au reuşit să ţină pasul cu schimbările tehnologice rapide. În consecinţă, Comisia Europeană a simţit nevoia să recurgă la un nou concept, devenit mai cunoscut prin denumirea „*new approach*" („noua abordare"). Conceptul „*new approach*" a stat deja la baza elaborării directivei 90/384/EEC, referitoare la aparatele de cântărit cu funcţionare neautomată. Pentru finalizarea unei directive referitoare la celelalte categorii de mijloace de măsurare, a fost necesar aproape un deceniu de eforturi susţinute la nivelul experţilor. Acum, această nouă directivă (*Measuring Instruments Directive* – MID) se află în faza votului final în Consiliul Europei şi în Parlamentul European. Momentul intrării sale în vigoare este relativ aproape (2-3 ani) şi nu se întrevăd modificări importante în raport cu varianta actuală.

2 Principiile care stau la baza MID

Legislaţia privind măsurările şi mijloacele de măsurare este printre cele mai vechi din lume, deoarece exactitatea rezultatelor măsurărilor afectează direct sau indirect şi sub diferite forme viaţa cotidiană a cetăţenilor. De altfel, metrologia a fost printre primele domenii în care s-a realizat „unificarea" internaţională, atât pe linia reglementărilor, cât şi pe cea a etaloanelor (Convenţia Metrului, OIML etc.). Atunci când rezultatele măsurărilor sunt obţinute cu ajutorul unui mijloc de măsurare şi când, din raţiuni de interes public, se impune un nivel minim de exactitate, mijlocul de măsurare respectiv trebuie să fie supus unor exigenţe legislative, care să garanteze acest nivel minim al exactităţii, în condiţii de utilizare *normal previzibile*. Acest principiu fundamental al metrologiei

*) Director la Direcţia de Reglementări Naţionale din cadrul Biroului Român de Metrologie Legală.
**) Expert la Direcţia de Reglementări Naţionale din cadrul Biroului Român de Metrologie Legală.

legale presupune, prin urmare, că statul, prin instituţiile sale specializate, trebuie să-şi protejeze cetăţenii împotriva efectelor nocive ale măsurărilor inexacte, atât prin supravegherea mijloacelor de măsurare implicate în măsurările de interes public, cât şi prin supravegherea acestor măsurări, acolo unde se realizează ele.

Toate statele membre ale Comunităţii Europene dispuneau de legislaţii metrologice bine conturate, cu mult înainte de crearea Comunităţii, în 1957. Fiind justificate de interesul public pe care îl apără, aceste legislaţii destul de diferite, totuşi compatibile cu principiile articolului 30 al tratatului CE, s-au manifestat ca bariere importante în calea schimburilor comerciale din interiorul pieţei unice. De aceea, încă din 1971, a început armonizarea legislativă în materie de metrologie, materializată printr-o directivă cadru (71/316/EEC) şi 23 directive specifice (16 directive de bază şi 7 directive modificatoare). Totuşi, legislaţia comunitară actuală are numeroase neajunsuri, care au condus, în final, la impunerea MID.

Comisia a intenţionat, la început, să prezinte o directivă, care să armonizeze procedura de acces pe piaţă a mijloacelor de măsurare, lăsând în grija organismelor de strandardizare (CEN, CENELEC) sau a OIML sarcina de stabilire a specificaţiilor tehnice pentru mijloacele de măsurare respective.

Ulterior s-a constatat faptul că, referitor la utilizarea mijloacelor de măsurare, în afară de accesul liber pe piaţă, trebuie să se ia în considerare şi alte obiective, care au fost neglijate de directivele anterioare: protecţia consumatorului, siguranţa mijloacelor de măsurare la manipulare, atingerea perioadei maxime de utilizare etc.

MID ţine seama de protecţia consumatorului, deoarece metrologia este condusă de reglementări ce dau garanţia că mijloacele de măsurare sunt capabile să se încadreze în erorile maxime tolerate într-o perioadă lungă de utilizare. Se ştie că principalele îndatoriri ale metrologiei legale sunt protejarea intereselor particulare în tranzacţiile comerciale şi asigurarea bunei funcţionări a pieţelor comerciale. În acest scop, metrologia stabileşte exigenţe legale privind *exactitatea* şi alte caracteristici de performanţă ale unei game foarte diverse de mijloace de măsurare: *contoare, aparate de cântărit de uz comercial, instalaţii de preambalare, distribuitoare de produse petroliere, etilometre, instrumente de măsurat lungimi şi suprafeţe etc.* Sectorul acoperit de metrologia legală este extrem de diversificat şi are o pondere însemnată în viaţa economică şi socială. S-a estimat, de pildă, că valoarea produselor schimbate în UE pe bază de măsurări de masă, volum sau lungime acoperă 10% din PIB [2]. Pe această piaţă uriaşă, tehnologiile metrologice utilizate în concepţia mijloacelor de măsurare au evoluat considerabil în ultimele decenii, mai ales prin trecerea de la electromecanică la electronică şi la microelectronica digitală de înaltă tehnologie. În paralel cu această evoluţie tehnologică, s-au produs schimbări în specializarea producătorilor, care au devenit fie producători de componente sau de subansambluri de mijloace de măsurare, fie asamblatori de asemenea produse. Schimbările tehnologice şi specializarea au condus, totodată, la o mai mare concentrare în domeniu: un număr din ce în ce mai mare de mijloace de măsurare uzuale sau de componente esenţiale se produc într-un număr tot mai restrâns de mari societăţi, în general, multinaţionale. În schimb, întreprinderile mici şi mijlocii rămân active pe piaţa aplicaţiilor specializate. Totuşi, în ciuda acestor schimbări majore, activitatea manufacturieră rămâne destul de diversificată în domeniul acoperit de metrologia legală.

Necesitatea înlocuirii a 17 din cele 23 directive specializate este o consecinţă directă a faptului că, acestea se bazează pe „*vechea abordare*" şi au un *caracter facultativ* [3]. Directivele specifice sunt directive referitoare la produse bine definite şi conţin specificaţii tehnice detaliate, prea restrictive în contextul actual al schimbării rapide a tehnologiilor metrologice. Actualizarea permanentă a specificaţiilor s-a dovedit dificilă în practică, ceea ce explică depăşirea evidentă a conţinutului tehnic al unor directive şi lipsa unor directive aplicabile noilor tipuri de mijloace de măsurare supuse controlului legal. În plus, procedurile de evaluare a conformităţii prescrise în directivele specifice sunt, în general, prea restrictive. Nici o procedură modernă, disponibilă în prezent, nu este oferită, ca alternativă producătorilor. Mai ales, nu există nici o posibilitate de a utiliza un sistem certificat de asigurare a calităţii, în locul verificării produselor finite de către o terţă

parte, aşa cum se practică în majoritatea ţărilor UE. Totodată, caracterul facultativ al directivelor specifice a condus la adoptarea, în ţările UE, a unor reglementări naţionale paralele pentru toate mijloacele de măsurare, care sunt insuficient acoperite de directivele existente. Este vorba, mai ales despre toate aparatele electronice, care reprezintă astăzi marea majoritate a mijloacelor de măsurare supuse controlului.

Principiile *„new approach"* privind standardizarea şi armonizarea sunt următoarele [1]:

1. *Armonizarea legislativă se limitează la cerinţele esenţiale;*

2. *Numai produsele care îndeplinesc cerinţele esenţiale pot fi introduse pe piaţa Comunităţii şi pot fi puse în funcţiune;*

3. *Standardele armonizate, ale căror numere de referinţă au fost publicate în Jurnalul Oficial şi care au fost transpuse în standarde naţionale, se presupune că sunt conforme cu cerinţele esenţiale corespunzatoare;*

4. *Aplicarea standardelor armonizate sau a altor specificaţii tehnice rămâne voluntară, iar producătorii pot alege orice soluţii tehnice, care asigură respectarea cerinţelor esenţiale;*

5. *Producătorii pot alege între diferite proceduri de evaluare a conformităţii, prevăzute în directiva aplicabilă.*

Până în prezent, au intrat în vigoare 21 directive *„new approach"*. Gama produselor acoperite este foarte diversă: echipamente de joasă tensiune, jucării, materiale pentru construcţii, maşini, arzătoare, boilere, explozibili de uz civil, ascensoare, echipamente sub presiune etc. Printre cele 21 directive *„new approach"* aflate în vigoare, d*irectiva 90/384, privitoare la aparate de cântărit cu funcţionare neautomată* este singura din domeniul metrologiei legale. Este foarte clar că MID vine să completeze spaţiul rămas liber lângă directiva 90/384 care, după un deceniu de aplicare, şi-a dovedit pe deplin viabilitatea.

MID are ca obiect stabilirea unei pieţe interioare UE pentru mijloacele de măsurare supuse unui (eventual) control legal prin:

– elaborarea cerinţelor esenţiale pentru mijloacele de măsurare respective, precum şi a cerinţelor în materie de evaluare a conformităţii, astfel încât să se asigure înaltul nivel de protecţie a consumatorilor existent în prezent şi

– asigurarea recunoaşterii reciproce de către statele membre a rezultatelor evaluării conformităţii.

Ştiut fiind că cerinţele esenţiale sunt mai degrabă ***cerinţe de performanţă***, decât specificaţii cu privire la concepţia produsului, ele vor fi, desigur, mult mai puţin sensibile la evoluţia tehnologiei, ceea ce va reduce considerabil necesitatea adaptărilor viitoare spre a ţine seama de progresele tehnice.

Procedurile de evaluare a conformităţii sunt proceduri moderne adoptate în cadrul abordării globale în materie de încercări şi de certificare. Ele întăresc rolul şi responsabilitatea producătorului în domeniul evaluării conformităţii, întrucât au asimilat principiile asigurării calităţii.

Foarte important este faptul că MID va fi o directivă cu caracter global, ceea ce înseamnă că, după intrarea sa în vigoare, *nu va putea exista în ţările membre nici un sistem naţional paralel de control legal al mijloacelor de măsurare respective.*

La baza MID stă însuşi principiul fundamental al metrologiei legale, conform căruia *un mijloc de măsurare trebuie sau nu trebuie să fie supus controlului metrologic legal, în funcţie de tipul măsurării în care este utilizat.* Fireşte că acest principiu stă şi la baza legislaţiei româneşti în domeniu. Unele state membre UE pot prescrie utilizarea pentru o anume măsurare, a unor mijloace de măsurare supuse controlului legal, în timp ce alte state membre nu o fac. Operaţiile de măsurare, care impun utilizarea unor mijloace de măsurare controlate legal, nu sunt armonizate prin noua directivă şi pot fi, în consecinţă, diferite de la o ţară la alta. Totuşi, dacă un stat membru UE decide să prescrie utilizarea într-o măsurare bine definită, a unui mijloc de măsurare supus controlului legal, dispoziţiile directivei MID se aplică fără restricţii. Dimpotrivă, statul membru poate decide să nu prescrie utilizarea, în măsurarea respectivă a unui mijloc de măsurare controlat legal, caz în care nu trebuie să se aplice nici o cerinţă metrologică legală, care ar putea constitui o barieră tehnică în schimburile comerciale.

Pentru producătorii de mijloace de măsurare, MID aduce avantaje importante, întrucât:

– normarea cerinţelor esenţiale, precum şi recunoaşterea reciprocă a rezultatelor evaluărilor elimină necesitatea efectuării mai multor evaluări ale conformităţii;

– cerinţele esenţiale, fiind cerinţe de performanţă, ele nu constituie o frână pentru progresul tehnic;

– procedurile de evaluare a conformităţii întăresc rolul şi responsabilitatea producătorului şi recunosc asigurarea calităţii furnizată de către acesta;

– producătorului i se oferă posibilitatea de a alege una din alternativele privitoare la procedurile de evaluare a conformităţii (module).

Dispoziţiile MID privind controlul metrologic legal sunt limitate la libera circulaţie a mijloacelor de măsurare. În consecinţă dispoziiţiile se aplică dreptului de utilizare pentru măsurările prevăzute (punerea în funcţiune) şi celelalte etape premergătoare punerii în funcţiune (punerea pe piaţă).

Trebuie subliniat faptul că MID nu conţine dispoziţii privitoare la armonizarea sistemelor naţionale de inspecţie şi reverificare metrologică a mijloacelor de măsurare în timpul perioadei lor de utilizare, acestea rămânând la îndemâna fiecărui stat membru UE [2].

3 Cerinţele esenţiale

Pentru a putea fi introduse pe piaţa comunitară, mijloacele de măsurare la care se referă MID [2] trebuie să îndeplinească cerinţele esenţiale stabilite în anexa I a directivei (cerinţe comune), precum şi în anexele MI-001MI-011 (cerinţe specifice unor anumie categorii de mijloace de măsurare). Pentru a avea o imagine a gradului de detaliere a cerinţelor esenţiale, vom prezenta pe scurt conţinutul acestor anexe:

– erorile tolerate sunt normate pentru condiţii normale de funcţionare, atât în absenţa perturbaţiilor, cât şi în cazul manifestării unor perturbaţii bine definite;

– producătorul este obligat să precizeze condiţiile de mediu climatice, mecanice şi electromagnetice în care se prevede funcţionarea mijlocului de măsurare respectiv; aceste condiţii sunt clasificate în anexa I a directivei;

– sunt prevăzute în anexa I condiţii generale privind reproductibilitatea, repetabilitatea, mobilitatea, sensibilitatea, durabilitatea, fiabilitatea, adecvarea, protecţia împotriva corupţiei, informaţiile însoţitoare, indicarea rezultatelor, prelucrarea ulterioară a datelor în vederea încheierii tranzacţiilor comerciale, evaluarea conformităţii.

Adiţional la anexa I, anexele MI-001MI-011 conţin condiţii specifice unor categorii concrete de mijloace de măsurare. Cu titlu de exemplu, vom arăta că anexa MI-001, referitoare la contoarele de apă, reglementează următoarele:

- intervalele de debit, de temperatură şi de presiune ale apei;
- condiţiile de mediu, climatice şi mecanice, specifice utilizării contoarelor de apă;
- erorile tolerate, în funcţie de intervalele de debit şi de temperatură, specificate de producător;
- imunitatea electromagnetică;
- posibilitatea de a contoriza curgerea inversă;
- unitatea de măsură a volumului de apă;
- modulele de evaluare a conformităţii specifice contoarelor de apă.

Ce se întâmplă dacă, în concepţia şi fabricaţia unui mijloc de măsurare, se depăşeşte cadrul destul de restrâns al cerinţelor esenţiale? Directiva răspunde la această întrebare, precizând că producătorii pot să aplice specificaţii mai detaliate, decât cele din MID, beneficiind în acest caz de prezumţia de conformitate. Există două surse ale prezumţiei de conformitate [2,8]:

a) Se presupune că un mijloc de măsurare întruneşte cerinţele esenţiale, dacă se supune standardelor europene armonizate, în vigoare; Aceste standarde sunt publicate în seriile C din Jurnalul Oficial al UE. Prezumţia de conformitate se poate lua în consideraţie şi în urma aplicării anumitor părţi dintr-un standard, cărora mijlocul de măsurare li se conformează;

b) S-a produs o modificare importantă a vechii versiuni a MID, conform căreia, nu numai standardele europene, dar şi recomandările OIML, pot acţiona în sensul directivei. Prin urmare, Comisia Europeană poate solicita OIML să pregătească un „document normativ cu elemente normative" pentru tipurile de mijloace de măsurare supuse directivei; dacă un mijloc de măsurare îndeplineşte cerinţele tehnice consemnate într-o asemenea

recomandare OIML, atunci el îndeplineşte şi cerinţele corespunzătoare din MID. Respectivele documente normative OIML sunt, de asemenea, publicate în Jurnalul Oficial al UE, seria C.

4 Programe de încercări

Anexa II la MID descrie patru programe de încercări (electromagnetice, climatice, mecanice şi de alimentare electrică), care corelează condiţiile climatice şi mecanice prescrise de producător cu nivelele de severitate impuse în funcţie de locul de utilizare.

Al cincilea program (încercări de durabilitate) se aplică numai la:

– contoarele de gaz (diferenţiate în *contoare cu membrană* şi *contoare cu turbină sau pistoane rotative*);

– contoarele de apă (diferenţiate în două categorii, după cum debitul lor permanent este inferior sau superior valorii de 16 m^3/h).

5 Organisme notificate

Conform MID, statele membre UE sunt obligate să supună mijloacele de măsurare unei proceduri de evaluare a confomităţii, bazată pe abordarea modulară, prezentată în Directiva 93/465/CEE.

MID preia abordarea modulară şi (în anexele sale) descrie modulele ce pot fi luate ca bază pentru evaluarea conformităţii.

Pentru un anumit mijloc de măsurare, producătorul poate alege modulul preferat dintre cele impuse de anexa specifică (MI-00...1MI-011). Producătorul poate realiza el însuşi testele de conformitate, sau acestea pot fi realizate de o terţă parte, numită *organism notificat*.

MID nu cere ca *organismele notificate* să fi fost acreditate [8], dar descrie în anexa III criteriile pe care trebuie să le îndeplinească acestea:

a) organismul, directorul şi personalul său nu pot avea calitatea de proiectant, producător, furnizor, asamblator, instalator sau utilizator al mijlocului de măsurare şi nici de reprezentant autorizat al oricăruia dintre aceştia; în plus, ei nu pot interveni direct în concepţia, fabricaţia, comercializarea sau întreţinerea mijloacelor de măsurare şi nu pot să reprezinte părţile angajate în aceste activităţi;

b) organismul şi personalul său trebuie să fie protejate de orice presiune şi de orice risc de corupţie, mai ales financiară, susceptibile de a influenţa rezultatele lucrărilor de evaluare;

c) lucrările de evaluare trebuiesc executate cu cea mai înaltă integritate profesională şi cea mai mare competenţă;

d) organismul trebuie să dispună de personalul şi echipamentele necesare pentru executarea corectă a sarcinilor tehnice şi administrative;

e) personalul trebuie să posede o bună formaţie profesională, cunoaşterea regulilor aplicabile şi aptitudinea de a redacta certificate, procese verbale şi rapoarte;

f) imparţialitatea organismului trebuie să fie garantată prin independenţa remuneraţiei faţă de numărul sau rezultatul evaluărilor;

g) organismul trebuie să încheie o asigurare de răspundere civilă, în afara cazului în care aceasta este acoperită de stat, conform legislaţiei naţionale;

h) personalul trebuie să păstreze secretul profesional pentru toate informaţiile obţinute în cadrul evaluării.

Organismele notificate primesc din partea Comisiei Europene un număr de identificare. Lista organismelor notificate, împreună cu tipurile mijloacelor de măsuare, pentru care a fost notificat fiecare organism în parte, se publică în Jurnalul Oficial al UE, seria C.

6 Evaluarea conformităţii

În 14 anexe, MID prezintă cele opt module de evaluare a conformităţii descrise şi în Directiva 93/465/EEC (de la A la H), precum şi 6 variante ale modulelor de bază. Trei dintre ele (modulele A1, C1 şi H1) realizează o creştere a severităţii evaluării, iar în celelalte cazuri (modulele D1, E1 şi F1) se aleg variante care reduc severitatea. Conţinutul celor 14 module de evaluare a conformităţii, prezentat sub o formă sintetică, este următorul:

– modul A: Declaraţia de conformitate se bazează pe controlul intern al producţiei realizat de fabricant

– modul A1: Declaraţia de conformitate se bazează pe controlul intern al producţiei realizat de fabricant şi pe testarea produsului de un organism notificat

- modul B: Examinarea de tip realizată de un organism notificat
- modul C: Declaraţia de conformitate cu tipul se bazează pe controlul intern al producţiei
- modul C1: Declaraţia de conformitate cu tipul se bazează pe controlul intern al producţiei şi pe testarea produsului de către un organism notificat
- modul D: Declaraţia de conformitate cu tipul se bazează pe asigurarea calităţii procesului de producţie (ISO 9002)
- modul D1: Declaraţia de conformitate se bazează pe asigurarea calităţii procesului de producţie (ISO 9002)
- modul E: Declaraţia de conformitate cu tipul se bazează pe asigurarea calităţii activităţilor de inspecţie şi de testare finală a produsului (ISO 9003)
- modul E1: Declaraţia de conformitate se bazează pe asigurarea calităţii activităţilor de inspecţie şi de testare finală a produsului (ISO 9003)
- modul F: Declaraţia de conformitate cu tipul se bazează pe verificarea produsului (individual sau statistic)
- modul F1: Declaraţia de conformitate se bazează pe verificarea produsului
- modul G: Declaraţia de conformitate se bazează pe verificarea individuală a produsului
- modul H: Declaraţia de conformitate se bazează pe asigurarea completă a calităţii (ISO 9001)
- modul H1: Declaraţia de conformitate se bazează pe asigurarea completă a calităţii (ISO 9001) şi pe examinarea proiectului

Trebuie să arătăm că modulele A, C şi C1, deşi sunt descrise în MID, nu sunt aplicate la evaluarea conformităţi mijloacelor de măsurare, supuse directivei. Este încă o dovadă a caracterului deschis al reglementării, care permite dezvoltări ulterioare, încă neestimate în momentul de faţă.

În continuare, vom prezenta variantele de proceduri de evaluare a conformităţii, dintre care fabricantul poate alege, conform prevederilor anexelor MI-001MI-011. Precizăm că linia înclinată (/) are semnificaţia cuvântului „sau":

MI – 001 Contoare de apă: (B+F) / (B+D) / H1

MI – 002 Contoare de gaz: (B+F) / (B+D) / H1

MI – 003 Contoare de energie electrică activă şi tranformatoare de măsură : (B+F) / (B+D) / H1

MI – 004 Contoare de energie termică: (B+F) / (B+D) / H1

MI – 005 Sisteme de măsurare continuă şi dinamică a cantităţii de lichid, altele decât apa
– mecanice sau electromecanice: (B+F) / (B+E) / (B+D) / G / H1
– electronice sau care conţin software: (B+F) / (B+D) / G / H1

MI – 006

Cap. I Aparate de cântărit cu funcţionare automată (cerinţe comune)

Cap. II Sortatoare-etichetoare automate
– mecanice sau electromecanice: F1 / E1 / D1 / (B+F) / (B+E) / (B+D) / G / H
– electronice: (B+F) / (B+D) / G / H1

Cap. III Dozatoare gravimetrice automate
– mecanice sau electromecanice: (B+F) / (B+E) / (B+D) / G / H1
– electronice: (B+F) / (B+D) / G / H1

Cap. IV Totalizatoare discontinue
– mecanice sau electromecanice: (B+F) / (B+E) / (B+D) / G / H1
– electronice: (B+F) / (B+D) / G / H1

Cap. V Totalizatoare continue
– mecanice sau electromecanice: (B+F) / (B+E) / (B+D) / G / H1
– electronice: (B+F) / (B+D) / G / H1

Cap. VI Poduri basculă feroviare automate
– mecanice sau electromecanice: (B+F) / (B+E) / (B+D) / G / H1
– electronice: (B+F) / (B+D) / G / H1

MI – 007 Taximetre: (B+F) / (B+D) / H1

MI – 008 Măsuri materiale

Cap. I Măsuri materiale pentru lungime: A1 / D1 / E1 / F1 / (B+E) / (B+D) / G / H

Cap. II Măsuri pentru capacitate: A1 / D1 / E1 / F1 / (B+E) / (B+D) / H

MI – 009 Aparate de măsurat dimensionale.

Cap. I Cerinţe comune pentru toate aparatele de măsurat dimensionale
– mecanice sau electromecanice: F1 / E1 / D1/ (B+E) / (B+D) / G / H
– electronice: (B+F) / (B+D) / G / H1

Cap. II Mijloace de măsurare a lungimii: Modulele ca la capitolul I

Cap. III Mijloace de măsurare a ariei: Modulele ca la capitolul I

Cap. IV Mijloace de măsurare multidimensionale: Modulele ca la capitolul I

MI – 010 Etilometre: (B+F) / G / H1

MI – 011 Analizoare de gaz de eşapament: (B+F) / (B+D) / H1

7 Marcajul CE

Marcajul CE evidenţiază faptul că produsul îndeplineşte cerinţele comunitare impuse producătorului. Marcajul CE este obligatoriu şi trebuie să fie aplicat înainte ca produsul să fie introdus pe piaţa comunitară, cu excepţia unor anumite cazuri, prevăzute în directivele specifice. Un produs nu poate fi marcat CE, decât dacă o directivă prevede explicit acest lucru.

Marcajul CE trebuie să fie aplicat [1]:

– tuturor produselor noi, indiferent dacă au fost fabricate în statele membre sau în terţe state;

– tuturor produselor uzate şi *second hand* importate din terţe state, şi

– tuturor produselor modificate substanţial, care fac obiectul directivelor ca produse noi.

Marcajul CE trebuie aplicat de producător sau de un reprezentant autorizat, stabilit în Comunitate. Când un organism notificat este implicat în faza de control al producţiei, marcajul CE este urmat de numărul de identificare al acelui organism notificat.

Dacă un mijloc de măsurare îndeplineşte cerinţele esenţiale prevăzute în directivă, fabricantului îi este permis (şi este obligat) să aplice marcajul CE. Conform MID, această obligaţie dispare în cazul în care mijlocul de măsurare *nu este supus* controlului statului. Dar şi pentru aceste mijloace de măsurare fabricantul poate fi obligat, în paralel, de una sau mai multe directive, să aplice marcajul de conformitate.

Adiţional la marcajul CE, mijloacelor de măsurare, care întrunesc cerinţele MID, li se aplică o „marcă metrologică" de forma literei „**M**" însoţită de anul în care a fost aplicată.

8 Introducerea pe piaţă şi punerea în funcţiune a mijloacelor de măsurare

Statele membre au obligaţia de a lua măsuri de asemenea natură, încât:

– pe piaţă să se introducă numai mijloacele de măsurare care îndeplinesc cerinţele din directive;

– în cazul unor măsurări anume precizate, trebuie să fie utilizate numai mijloace de măsurare controlate legal;

– aceste mijloace de măsurare trebuie să fie supuse verificării periodice la intervale de timp regulate, în cadrul perioadei de utilizare.

Conform unui înţeles comun [8], termenii „introducere pe piată" şi „punere în funcţiune" sunt echivalenţi din punct de vedere metrologic. Totuşi, în articolul 3 din MID, Comisia face o distincţie, considerând „introducerea pe piaţă" ca fiind momentul de tranziţie al unui produs, de la faza de fabricare, la distribuţie şi/sau utilizarea pe piaţa comunitară.

În contrast cu aceasta, „punerea în funcţiune" este privită ca echivalentul primei utilizări a produsului în scopurile pentru care a fost creat. Diferenţa, din punctul de vedere al Comisiei, este de importanţă considerabilă pentru supravegherea pieţii, pentru că doar în faza de introducere pe piaţă, statele membre au dreptul să verifice conformitatea mijloacelor de măsurare cu cerinţele esenţiale. Astfel, mijloacele de măsurare, care au fost introduse pe piaţă în alte ţări membre, nu se mai supun din nou testării de conformitate, decât în cazul existenţei unui motiv întemeiat.

Statele membre trebuie să ia toate măsurile pentru a se asigura că mijloacele de măsurare sunt introduse pe piaţă şi puse în funcţiune conform cerinţelor MID şi sunt supuse evaluării, conform procedurilor impuse de directivă. Când se constată că cerinţele nu sunt îndeplinite în mod sistematic, trebuie informată Comisia. Aceasta analizează situaţia şi poate lua decizia de retragere a mijloacelor de măsurare de pe piaţă şi de interzicere a introducerii viitoare pe piaţă.

Dacă un stat membru constată că marca CE şi marca metrologică adiţională au fost aplicate ilegal pe un mijloc de măsurare, el trebuie să oblige fabricantul sau agentul său rezident în Comunitate să remedieze situaţia. Această acţiune trebuie să se desfăşoare în condiţii specifice, fixate de statul membru, în cauză. Dacă nu se realizează aceste remedieri, statele membre vor lua toate măsurile care se impun.

În ultimii ani, în lumea metrologiei legale s-a cristalizat o concluzie, conform căreia o lege a Comunităţii Europene pentru mijloace de măsurare, luată ca un tot unitar, devine din ce în ce mai complexă şi mai greu de utilizat [8]. Armonizarea are loc pe orizontală, separat pentru diferite categorii de mijloace de măsurare. De exemplu, un acelaşi aparat de cântărit poate fi evaluat, în funcţie de utilizare şi definiţie, prin aplicarea a trei proceduri diferite, bazate pe cerinţe diferite, înscrise în trei reglementări legale diferite:

- directiva 90/384/EEC, pentru aparate de cântărit cu funcţionare neautomată;
- MID – anexa MI-006, pentru aparatele de cântărit cu funcţionare automată;
- reguli naţionale.

Alt exemplu: pentru aparatele de măsurat viteza autovehiculelor (cinemometre rutiere) nu există standarde armonizate, în afara unei recomandări OIML. În consecinţă, MID nu se referă la aceste aparate, ele fiind guvernate de reguli naţionale.

Acest principiu poate fi aplicat, de asemenea, categoriilor de mijloace de măsurare, care nu sunt acoperite complet de directivele europene, cum sunt, de exemplu, mijloacele de măsurare combinate pentru măsurarea coletelor poştale, în care mijloacele de măsurare multidimensionale sunt combinate cu aparate de cântărit.

9 Influenţa conceptului „new approach" asupra reglementărilor de metrologie legală din România

Ca şi în ţările UE, în metrologia legală românească se manifestă acut aceeaşi contradicţie *obiectivă* dintre conţinutul reglementărilor metrologice şi nivelul tot mai înalt al tehnologiilor de măsurare.

Normele de metrologie legală sunt reglementări referitoare la produse bine definite şi conţin condiţii tehnice şi metrologice detaliate, prea restrictive în contextul actual al schimbării rapide a tehnologiilor metrologice. Actualizarea permanentă a normelor s-a dovedit dificilă în practică, ceea ce explică depăşirea evidentă a conţinutului tehnic al unora dintre ele şi lipsa altora, aplicabile noilor tipuri de mijloace de măsurare supuse obligatoriu controlului metrologic al statului. În plus, procedurile de evaluare a conformităţii prescrise în normele de metrologie legală sunt, în general, prea restrictive.

Biroul Român de Metrologie Legală – BRML a abordat pentru prima dată conceptul „new approach" cu prilejul elaborării proiectului instrucţiunilor de metrologie legală, care transpun în legislaţia românească directiva 90/384/EEC pentru

aparate de cântărit cu funcţionare neautomată. Cu acest prilej, a devenit evident faptul că o simplă preluare a directivei nu ar fi posibilă, fără o modificare substanţială a legislaţiei metrologice de bază, mai ales a secţiunilor privitoare la categoriile de control şi la entităţile împuternicite să le efectueze. Tocmai de aceea, BRML a atras atenţia asupra necesităţii corelării termenelor de intrare în vigoare a acestor reglementări. Deocamdată, prin *„Programul de armonizare legislativă"* – capitolul *„Piaţa internă – Libera circulaţie a mărfurilor – Metrologia"*, instituţia noastră este însărcinată să preia, în perioada 2000-2003, conţinutul a zece acte normative comunitare, referitoare la *produse preambalate, unităţi de măsură, aparate de cântărit, alcoolmetre, contoare de apă caldă şi recipiente de măsurare.* Întrucât, cu excepţia directivei 90/384/EEC, toate celelalte referinţe sunt directive „old approach", iminenta apariţie a MID pune instituţia noastră în faţa unei dileme: *este oare bine să se ia ca referinţă o directivă europeană despre care se ştie că urmează să fie abrogată sau, dimpotrivă, trebuie să ne pregătim pentru preluarea noului act normativ*? Totodată, în contextul eforturilor de integrare europeană şi, având în vedere caracterul obligatoriu al MID pentru ţările comunitare, se impune reconsiderarea relaţiei dintre normele de metrologie legală şi recomandările OIML.

Dacă în preluarea conţinutului directivelor se manifestă obiectiv încă multe dificultăţi, spiritul conceptului „new approach" a fost luat, totuşi, în consideraţie la elaborarea reglementărilor româneşti de metrologie legală. Astfel, principiul conform căruia *un mijloc de măsurare trebuie să fie supus controlului metrologic legal numai în funcţie de tipul măsurării în care este utilizat* a stat la baza tuturor Listelor Oficiale de după 1992 [6]. Şi mai concret, o reglementare obligatorie (NML 0-01-00) precizează că, într-o normă de metrologie legală, „trebuiesc definite domeniile de interes public în care se utilizează mijlocul de măsurare la care se referă norma. De asemenea, se recomandă specificarea explicită a tipurilor de mijloace de măsurare la care nu se referă norma" [7].

Cât priveşte gradul de detaliere a specificaţiilor tehnice, aceeaşi reglementare obligă elaboratorul să reducă la „minimumul necesar" condiţiile tehnice şi să limiteze conţinutul capitolului „Metode de încercare/verificare" doar la condiţiile tehnice şi metrologice, pe care trebuie să le îndeplinească aceste metode, fără să recurgă la detalieri specifice.

10 Concluzii

Se estimează că implementarea MID nu va duce la schimbări substanţiale ale infrastructurii metrologice şi, cu atât mai mult, ale economiei din ţările UE. În principal, aceste schimbări asigură trecerea de la sistemul metrologic bazat pe *măsuri preventive* la un altul, de tip, mai curând, *represiv* [8]. Aceasta înseamnă că fabricantului i se va deschide o cale mai liberă în realizarea produsului, dar în acelaşi timp, îi vor creşte responsabilităţile şi riscurile.

Dacă se vor pune în balanţă avantajele şi dezavantajele schimbărilor structurale, aplicarea directivei pentru mijloacele de măsurare (MID) va depinde de gradul în care va fi posibil să se ajungă la interpretarea ei uniformă în Uniunea Europeană. Această uniformitate se referă, în primul rând, la severitatea testării şi la procedurile organismelor notificate, dar şi la autorităţile responsabile cu supravegherea pieţii.

Indiferent de rolul care le va fi atribuit în procesul de integrare europeană, instituţiile metrologice din România, trebuie să fie pregătite. Prin acest articol, autorii au încercat să-şi aducă o modestă contribuţie la asigurarea documentară a campaniei.

BIBLIOGRAFIE

[1] Guide to the Implementation of Directives Based on New Approach and Global Approach (Final Version)-1999.
[2] Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on measuring instruments, draft of the European Commision, 02/10/2000.
[3] EEC Outline Directive – 71/316/EEC.
[4] Directive of the European Parliament and the Council of June 22, 1998, on an information procedure in the field of standards and technical regulations – 98/34/EC.
[5] Directive for Non-automatic Weighing Instruments – 90/384/EEC.
[6] Ordin pentru aprobarea Listei oficiale a mijloacelor de măsurare supuse obligatoriu controlului metrologic al statului LO-2000, în MO, partea I, nr. 493/9.X.2000.
[7] Metodologia de elaborare şi revizuire a normelor de metrologie legală- NML 0-01-00, Ediţie oficială, 2000.
[8] Apel, H.-European Directive for Measuring Instruments – A new challenge to industry and to the state, OIML Bulletin, volume XLI, number 4, October 2000.

CONTORIZAREA ENERGIEI TERMICE ŞI REPARTIZAREA INDIVIDUALĂ A CHELTUIELILOR PENTRU ÎNCĂLZIRE LA BLOCURILE DE LOCUINŢE (III)

Paul Dârvariu[*)]

Abstract: *In the previously published two parts of the paper, the author has put forward several technical and economical arguments in support of a national campaign for the use of heat metres to measure the thermal energy for heating and hot water preparation at the direct consumers, as well as for the introduction of systems for the distribution of heating costs among the individual users. In this third and last part of the paper, the principles for distributing the heating costs of blocs of flats among the individual users are discussed in detail.*

Résumé: *Dans les deux parties de l'article déja publié, l'auteur a présenté quelques arguments techniques et économiques pour mettre en mouvement une campagne nationale pour mesurer l'énergie thermique pour chauffage et pour la préparation de l'eau chaude à l'aide des compteurs et pour introduire des systèmes de repartition individuele des coûts de chauffage. Dans cette troisieme partie de l'article, on discute en detaille les principes pour la de repartition individuele des coûts de chauffage des immeubles colectifs.*

1 Introducere

Din prima parte a articolului (*Metrologia* nr. 3/2000), rezultă că studiile statistice privind consumurile energetice, efectuate pe mii de cazuri concrete din ţările europene dezvoltate, demonstrează avantajele repartizării individuale a cheltuielilor pentru încălzire (RICI). Acolo unde cheltuielile de încălzire a apartamentelor din blocurile de locuinţe sunt decontate individual, consumul energetic scade considerabil. Locatarii şi proprietarii apartamentelor sunt motivaţi într-o manieră decisivă, deoarece ei beneficiază direct de efectele financiare ale eforturilor de economisire. Ca urmare a introducerii contorizării şi repartizării cheltuielilor de încălzire, economiile ajung până la 35%, ele fiind mai mari, mai ales în clădirile vechi. Foarte interesant este faptul că, în termeni relativi, economiile au o alură crescătoare în timp.

2 Principiile repartizării individuale a cheltuielilor pentru încălzire (RICI)

Studiile privind consumurile energetice alocate încălzirii [8] au relevat următoarele:

– îmbunătăţirea izolării termice în imobilele vechi are un potenţial de economisire de 5-20%;

– ameliorarea performanţelor echipamentului tehnic de distribuţie şi reglare conduce la economii energetice de 5-15%;

– schimbarea comportamentului energetic al locatarilor, prin reducerea temperaturii camerelor şi evitarea pierderilor inutile de căldură, contribuie cu un potenţial de economisire de 15-20%.

Pentru a evalua potenţialul de economisire a diferitelor măsuri luate în considerare, se porneşte de la bilanţul energetic [8] al unui sistem de încălzire (fig. 1).

Chiar în interiorul aceluiaşi imobil, randamentele energetice diferă în funcţie de poziţia locuinţei în clădire, precum şi faţă de punctele cardinale. Din figura 2 rezultă că, la aceeaşi putere termică livrată, se înregistrează diferenţe de până la 35% între puterile termice efectiv utilizate [8]. Această situaţie pune foarte serios problema compensării consumurilor înregistrate, în funcţie de amplasarea consumatorilor. Maniera de rezolvare a acestei

*) Director la Direcţia de Reglementări Naţionale din cadrul Biroului Român de Metrologie Legală.

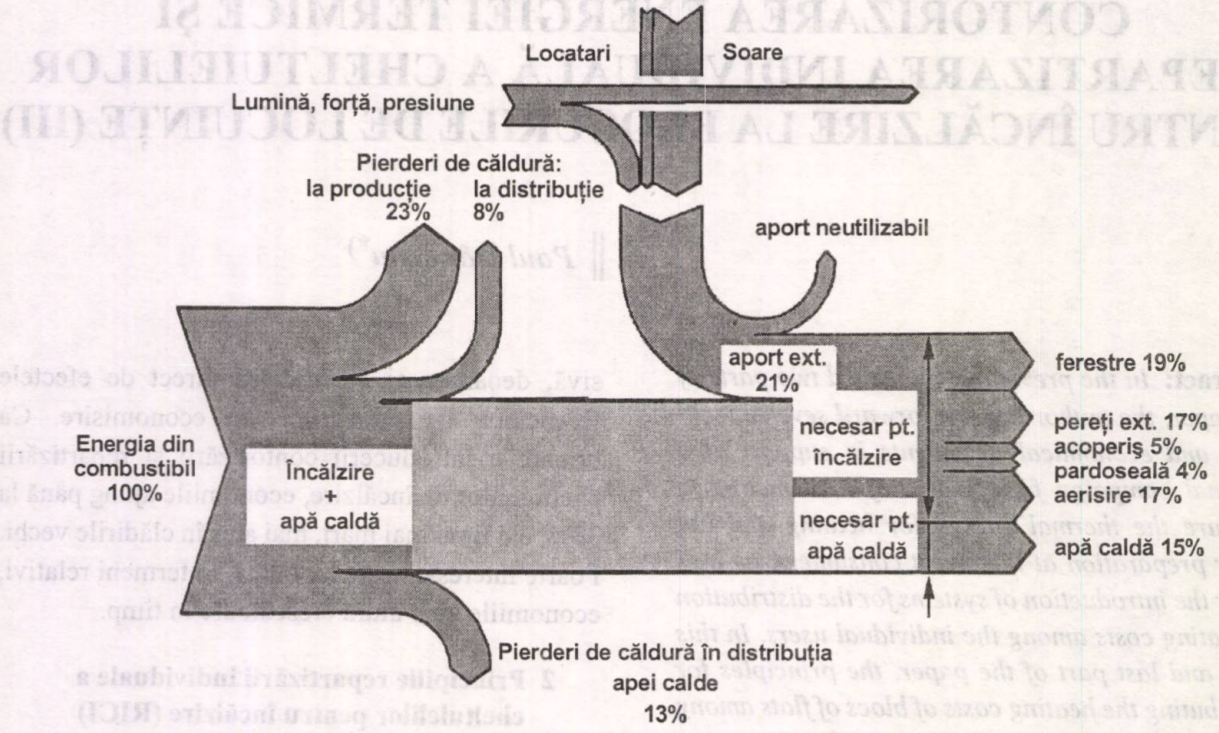


Fig. 1 Bilanțul energetic al unui sistem de încălzire.

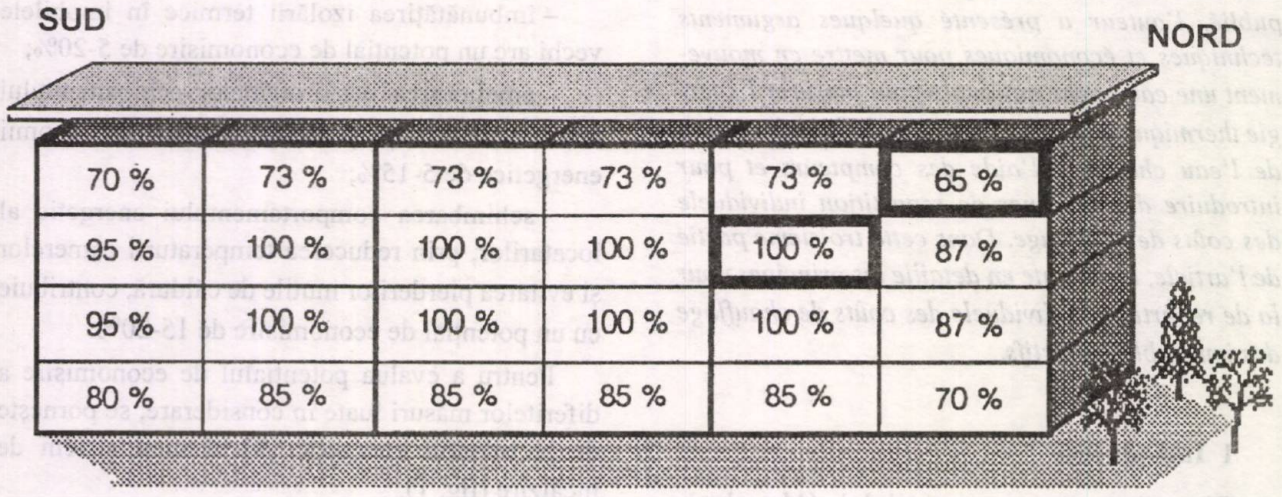


Fig. 2 Legătura dintre amplasarea locuinței și randamentul energetic.

probleme diferă de la țară la țară și se stabilește prin lege, în funcție de politica energetică a guvernului. În esență, acest aspect diferențiază decisiv *modelul elvețian* și *modelul german* de repartizare a cheltuielilor.

Repartitoarele de cheltuieli de încălzire sunt dispozitive simple care asigură împărțirea unei cantități de căldură consumate în comun de mai mulți utilizatori individuali. Ele furnizează indicații proporționale cu raportul dintre consumul efectiv al unui radiator și consumul cumulat al tuturor unităților de încălzire, care sunt racordate la o instalație de încălzire comună. Repartitoarele nu *măsoară* direct consumul de energie termică, ci permit să se deducă energia termică emisă de către un radiator, pe baza preluării temperaturii acestuia.

Indicaţia repartitorului constituie, prin urmare, o măsură a căldurii emise de un radiator. Suma indicaţiilor tuturor repartitoarelor instalate la un consumator dă o informaţie asupra consumului de energie termică utilizate pentru încălzirea locuinţei acelui consumator, în intervalul de timp dintre două citiri. Valorile citite nu sunt convertibile în unităţi fizice, ci reprezintă numai valori dependente direct de consumul total al imobilului. Din acest motiv, repartitoarele sunt considerate *mijloace de măsurare auxiliare* şi nu sunt gradate în unităţi termice.

În principiu, repartitoarele furnizează informaţii numerice, care permit o repartiţie a cheltuielilor de încălzire, proporţională cu valoarea consumului real. Nu este scopul acestui articol să prezinte criteriile care stau la baza repartiţiei, dar în cele ce urmează, vom pleca de la ipoteza unei repartiţii cât mai echitabile. Se ştie că, în cazul instalaţiilor vechi, cu conectarea pe verticală a radiatoarelor, nu este posibilă utilizarea unor contoare de căldură unice pentru fiecare apartament. Repartitoarele nu sunt afectate de această deficienţă şi funcţionează plecând de la faptul că puterea termică emisă de către un radiator depinde, pe de o parte, de geometria sa şi, pe de altă parte, de temperatura sa superficială, mai precis de diferenţa dintre temperatura sa medie şi temperatura ambiantă.

Radiatorului, privit ca un schimbător de căldură apă-aer, i se aplică următoarea ecuaţie [4]:

$$P = q_m(h_t - h_r) = kA\,(T_{0m} - T_a) = P_r - P_c$$

P puterea termică;
q_m debitul masic;
h_t entalpia turului;
h_r entalpia returului;
k coeficientul de transmisie termică;
A suprafaţa radiatorului;
T_{0m} temperatura superficială medie;
T_a temperatura aerului;
P_r puterea termică transmisă prin radiaţie;
P_c puterea termică transmisă prin convecţie.

După cum se vede, puterea termică transmisă mediului ambiant se compune din două părţi, care nu depind, prin funcţii liniare, de temperatură. Dacă se pleacă de la puterea nominală a radiatorului, avem (fig. 3):

$$P = P_N \frac{(DT_0)^n}{(DT_{0N})^n} = \frac{P_N}{(DT_{0N})^n}(DT_0)^n = C_H(DT_0)^n$$

C_H constanta radiatorului;
n exponentul pentru radiator.

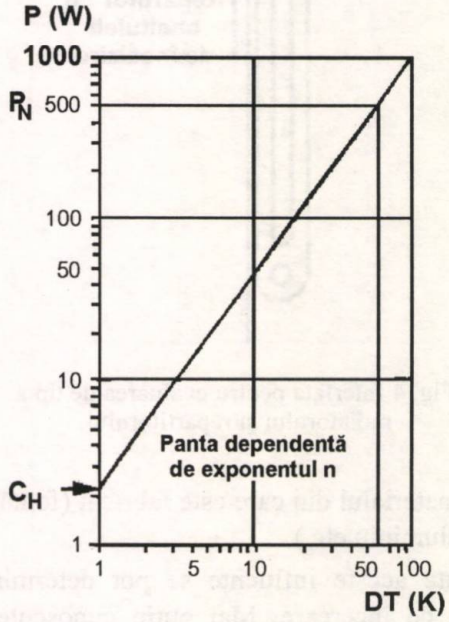


Fig. 3 Puterea radiatorului în funcţie de temperatura sa superficială.

Energia emisă de către radiator pe o durată definită se calculează prin integrarea în timp a puterii termice, aşa cum este ea definită mai sus. Măsurarea energiei termice va fi cu atât mai precisă, cu cât datele radiatorului (C_H, n) sunt mai corecte, iar repartitorul efectuează într-o manieră precisă integrarea diferenţei de temperatură (DT_0), ridicată la o putere egală cu exponentul său, n.

Aceşti doi factori (C_H, n) se pot determina experimental, prin două încercări independente (fig. 4). Constanta C_H şi exponentul n depind de construcţia radiatorului, de poziţia lui de montaj şi de modul în care este preluată temperatura superficială (direct, sau plecând de la temperaturile măsurate ale turului şi returului).

În ceea ce priveşte construcţia radiatorului, se va ţine seama de:

- dimensiunile lui şi raportul dintre ele (fig. 5);
- caracteristicile constructive (de exemplu: tubular, convector etc.);

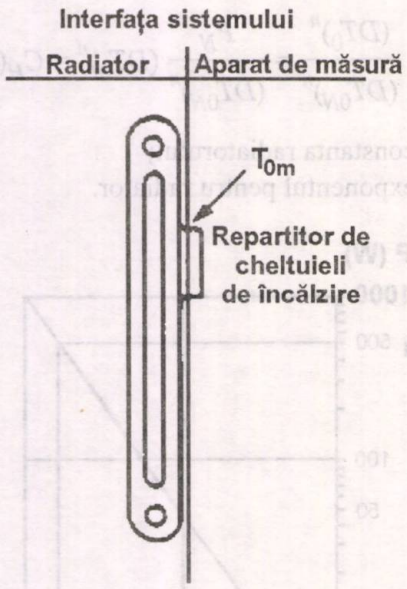


Fig. 4 Interfaţa pentru evaluarea de tip a radiatorului şi repartitorului.

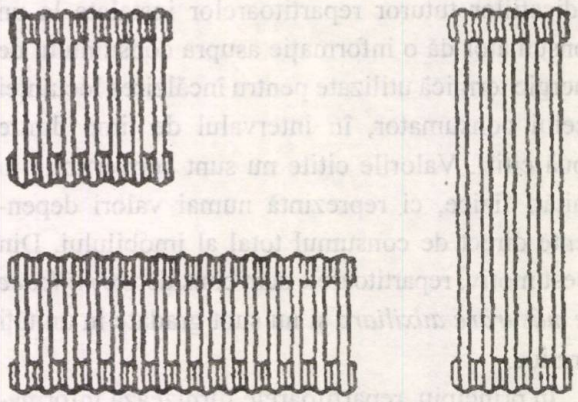


Fig. 5 Variante de radiatoare.

– materialul din care este fabricat (fontă, oţel, aluminiu etc.).

Toate aceste influenţe se pot determina pe standul de încercare. Mai puţin cunoscute sunt influenţele suplimentare exercitate de către modul de instalare a radiatorului:

– montaj mural liber;
– montaj în nişă;
– „mascarea" (izolarea) radiatorului;
– orientarea către încăperea încălzită;
– diferenţa între temperatura ambiantă şi valoarea normalizată de 20°C;
– învecinarea cu suprafeţe reci (sub fereastră sau vis-à-vis);
– modul de racordare a conductelor de tur şi retur (fig. 6).

Fiabilitatea indicaţiei unui repartitor depinde nu numai de propria sa exactitate instrumentală (despre care vom vorbi în continuare), ci şi de schimbarea profilului de temperatură al radiatorului, în funcţie de temperatura de intrare şi de debitul de agent termic. Având în vedere faptul că temperatura agentului termic este reglată, în principiu, din punctul termic, în funcţie de temperatura exterioară, variaţia acestui parametru afectează în mod egal toţi locatarii. Dimpotrivă, intervenţiile individuale asupra robinetelor de reglare modifică sensibil profilul de temperatură al fiecărui radiator (fig. 7).

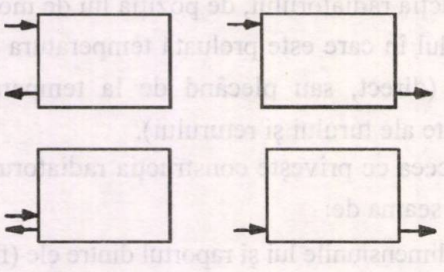


Fig. 6 Variante de racordare.

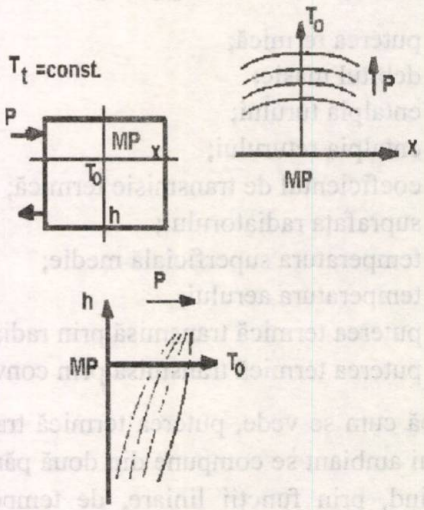


Fig. 7 Profilul de temperatură la debit variabil şi temperatura turului constantă.

O altă problemă importantă este aceea de a şti dacă repartiţia cheltuielilor de încălzire, în funcţie de consumul efectiv, poate fi considerată echitabilă. După cum am mai arătat, unele sisteme naţionale de repartizare oferă posibilitatea de a integra „criteriile sociale" în repartizarea cheltuielilor. „Social" înseamnă aici că utilizatorul va fi invitat să plătească pentru propriul comportament energetic şi nu pentru diferenţele datorate orientării sau calităţilor fizice ale locuinţei sale. Justificarea şi, mai ales, exactitatea unor asemenea criterii „sociale" de corecţie fac obiectul multor discuţii în sânul organismelor de reglementare şi printre teoreticieni. Studiile experimentale demonstrează, totuşi, că repartiţia cheltuielilor numai în funcţie de consumul exact nu este acceptabilă nici pentru locatari şi nici pentru furnizorii de căldură.

3 Principiile de funcţionare şi constructive ale repartitoarelor de cheltuieli

După cum am văzut, repartitoarele de cheltuieli trebuie să permită împărţirea, între toţi utilizatorii alimentaţi de la acelaşi branşament, a cantităţii de căldură măsurate de către un contor unic. Pentru a înţelege funcţionarea acestor aparate, este util să fie clasificate, în primul rând, după mărimile fizice luate în considerare şi, abia în al doilea rând, după principiul de funcţionare [4].

3.1 *Mărimea măsurată: temperatura superficială medie a radiatorului*

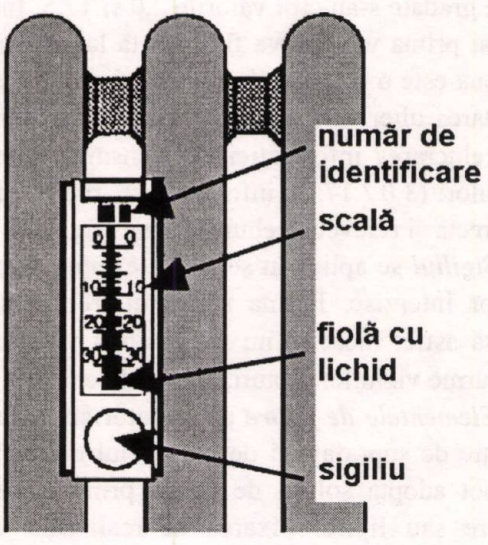
Măsurarea în exclusivitate a temperaturii superficiale a radiatorului, fără luarea în considerare a temperaturii ambiante, limitează utilizarea acestei metode numai la sistemele de încălzire standard, care funcţionează într-o plajă normală de temperaturi. Eroarea indicaţiei creşte la temperaturi joase, ceea ce conduce la o limitare a utilizării în cazul sistemelor caracterizate prin temperaturi ale turului mai mici de 40°C.

3.1.1 Aparate cu evaporare (fig. 8)

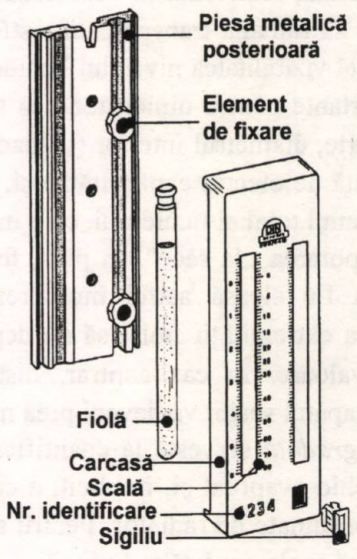
Viteza de evaporare a lichidului dintr-o fiolă aflată în contact termic cu o suprafaţă radiantă depinde de temperatura medie a radiatorului. Cu cât această temperatură este mai ridicată, cu atât lichidul se evaporă mai rapid. Dezavantajul principal al metodei rezultă din faptul că evaporarea se produce şi „la rece", atât vara, cât şi iarna. Acest dezavantaj este compensat parţial, prin umplerea fiolei peste reperul „zero".

Aparatele cu evaporare au următoarele caracteristici:

- preţ redus;
- montaj simplu, pe toate tipurile de radiatoare, chiar şi în sezonul de încălzire (nu este necesară întreruperea agentului termic);
- funcţionare sigură, fără întreruperi.

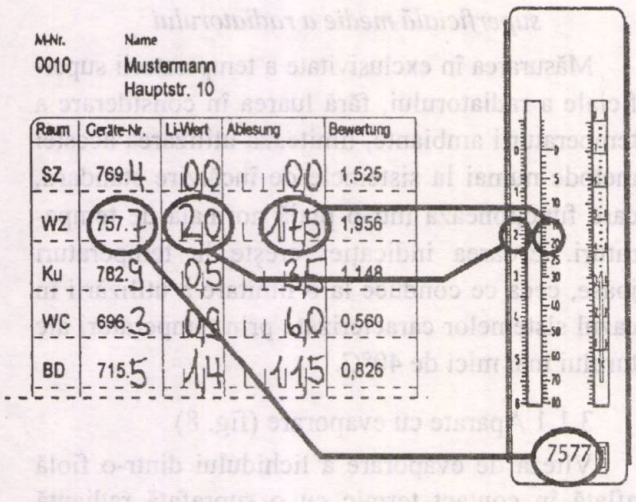


a) instalare pe radiator

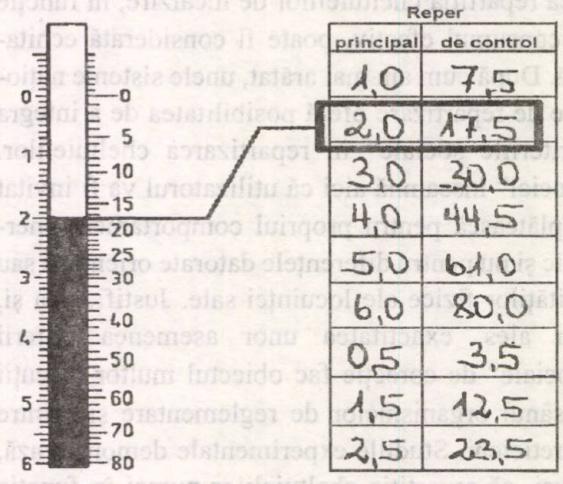


b) părţi componente

Fig. 8 Repartitorul de cheltuieli construit pe principiul evaporării.



a) fişă de releveu al indicaţiilor



b) corelaţia între scale

Fig. 9 Scalele gradate ale repartitorului.

Piesa metalică posterioară trebuie să fie fabricată dintr-un material caracterizat printr-o bună conductivitate termică, astfel încât să fie asigurat transferul optim al căldurii între radiator şi fiola de măsurare.

Carcasa trebuie să asigure o bună protecţie mecanică, astfel încât să se reducă la minimum posibilitatea intervenţiei neautorizate asupra repartitorului.

Fiola de măsurare trebuie să fie fabricată din sticlă calibrată, rezistentă la coroziunea chimică. Ea trebuie să rămână transparentă, astfel încât să fie asigurată vizibilitatea nivelului lichidului. Criteriile importante pentru dimensionarea fiolei sunt, pe de o parte, diametrul interior (valoarea minimă este limitată de efectul capilarităţii) şi, pe de altă parte, volumul total al lichidului, care influenţează direct evaporarea „la rece". În plus, forma fiolei trebuie să fie aleasă astfel încât rezistenţa la difuziune a extremităţii fiolei să nu depăşească o anumită valoare. În caz contrar, distanţa între repere la capătul scalei va deveni prea mică.

Scala gradată serveşte la cuantificarea cantităţii de lichid evaporat şi, implicit, a cantităţii de căldură consumate de radiator. Pentru a asigura o bună lectură scala gradată trebuie să:

- ţină cont de modificarea rezistenţei de difuzie în funcţie de nivelul lichidului;
- ţină cont de intervalul de măsurare;
- permită interpolarea între două repere succesive;
- fie dispusă astfel, în raport cu fiola de măsurare, încât să se elimine efectul de paralaxă.

În fig. 9a este reprezentată în facsimil o fişă de releveu al indicaţiilor tuturor repartitoarelor instalate la un consumator (*Mustermann, Hauptstrasse, 10*). Se observă că în cazul camerei WZ, în care este instalat repartitorul no. 7577, pe cele două scale gradate s-au citit valorile 2,0 şi 17,5. În fapt, numai prima valoare va fi utilizată la repartizare. A doua este o *valoare de control*, care serveşte la validarea ulterioară a citirilor. Dacă, de exemplu, la prelucrarea informaţiei, se transmite perechea de valori (3,0 / 17,5), informaţia va fi considerată incorectă şi releveul trebuie repetat (fig. 9b).

Sigiliul se aplică în scopul prevenirii manipulărilor interzise. Forma sigiliului trebuie să fie aleasă astfel încât să nu fie posibilă violarea sa, fără urme vizibile: rupturi, amprente etc.

Elementele de fixare pe radiator sunt alese în funcţie de suprafaţa şi de materialul radiatorului. Se pot adopta soluţii de fixare prin înşurubare, sudare sau lipire. Fixarea se realizează într-o asemenea manieră, încât manipulările neautorizate să nu fie posibile, fără distrugerea fiolei sau sigiliului.

Viteza de evaporare a lichidului din fiolă depinde de temperatură şi, în consecinţă, este proporţională cu puterea instantanee a radiatorului. Nu vom intra în detalii privind dependeţa fizică exactă, dar vom preciza că, printr-o modificare a rezistenţei la difuziune în funcţie de nivelul lichidului, viteza de evaporare la aceeaşi temperatură depinde de nivelul lichidului din fiolă. Acest fapt este luat în considerare la gradarea scalei, într-o asemenea manieră, încât aceleaşi valori ale produsului (temperatură·timp) dau aceleaşi indicaţii ale consumului, independent de nivelul lichidului. Evaporarea „la rece" cauzează o mică indicaţie, care nu este provocată de consumul de căldură. Fabricanţii compensează efectul evaporării „la rece" printr-o supraumplere a fiolelor peste reperul „zero".

3.1.2 Repartitoare electronice cu un singur senzor de temperatură (fig. 10)

Aceste aparate măsoară temperatura medie a radiatorului şi calculează diferenţa faţă de o temperatură convenţională a mediului ambiant (20°C). Această diferenţă este multiplicată cu puterea nominală a radiatorului şi produsul este integrat continuu. Indicele de consum, astfel obţinut, este proporţional cu consumul real.

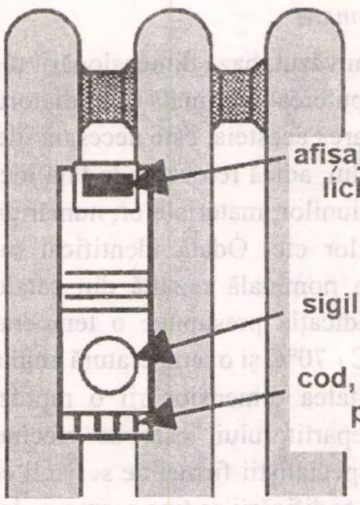


Fig. 10 Repartitor electronic cu un singur senzor de temperatură.

În principiu, senzorul de temperatură este un termistor. Informaţia de măsurare este prelucrată de un microprocesor, care asigură memorarea unui număr mare de caracteristici fizice ale radiatorului şi funcţionarea precisă, chiar şi la temperaturi relativ scăzute. Aparatul fiind alimentat de la o baterie, valoarea măsurată este indicată permanent pe un afişaj economic, cu cristale lichide. Repartitorul mai poate fi echipat cu un senzor suplimentar de temperatură ambiantă. Informaţia de măsurare furnizată de acest senzor nu se utilizează la calcul, ci numai pentru comanda punerii în funcţiune. Din acest motiv, aparatul intră, totuşi, în categoria celor cu un singur senzor de temperatură.

3.2 *Mărimea măsurată: diferenţa între temperatura superficială a radiatorului şi temperatura ambiantă*

Se ştie că emisia de căldură a unui radiator nu depinde numai de temperatura sa superficială, ci (într-o manieră mult mai exactă) de diferenţa dintre temperatura radiatorului şi cea a mediului în care el funcţionează. În cazul repartitoarelor cu doi senzori (fig. 11), diferenţa celor două temperaturi este multiplicată cu puterea nominală a radiatorului şi integrată continuu. Indicele de consum înregistrat va fi riguros proporţional cu consumul real. Din motive de protecţie împotriva manipulărilor frauduloase, când senzorii măsoară temperaturi evident ireale, aparatul trece provizoriu la regimul cu un singur senzor.

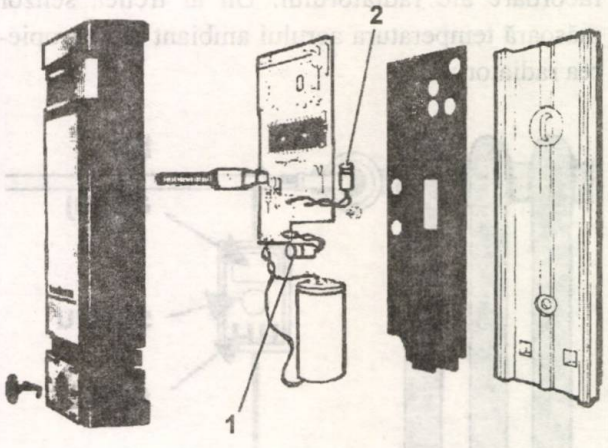


Fig. 11 Repartitor cu doi senzori de temperatură: (1) de radiator; (2) de ambient.

Aceste aparate cu microprocesor câştigă din ce în ce mai mult teren. Se întâlnesc mai multe tipuri de aparate cu doi senzori, clasificate astfel:

- după modul de preluare a temperaturii ambiante:
  a) repartitoare compacte (cu senzorul de ambient încorporat – fig. 11);
  b) repartitoare cu senzorul de ambient instalat la distanţă.
- după modul de citire a informaţiei:
  c) repartitoare cu citire locală (fig. 11);
  d) repartitoare cu citire centralizată prin comunicaţie M-bus;
  e) repartitoare cu citire centralizată prin comunicaţie radio;
  f) repartitoare cu citire prin cartelă electronică.

Apariţia sistemelor b), c) şi d) a fost impusă de dificultăţile legate de intrarea în locuinţele private. Tipul d) reprezintă un progres de ultimă oră, locatarul însuşi fiind cel care preia, pe o cartelă individuală, informaţia de măsurare şi o transmite spre a fi prelucrată. Evident, toate aparatele b)-d), fiind echipate cu microprocesoare specializate, dispun de facilităţi adecvate pentru detectarea şi semnalizarea intervenţiilor frauduloase.

3.3 *Mărimi măsurate: temperatura turului, temperatura returului şi temperatura ambiantă* (fig. 12)

Aceste aparate preiau temperaturile agentului termic cu doi senzori instalaţi pe conductele de racordare ale radiatorului. Un al treilea senzor măsoară temperatura aerului ambiant din apropierea radiatorului.

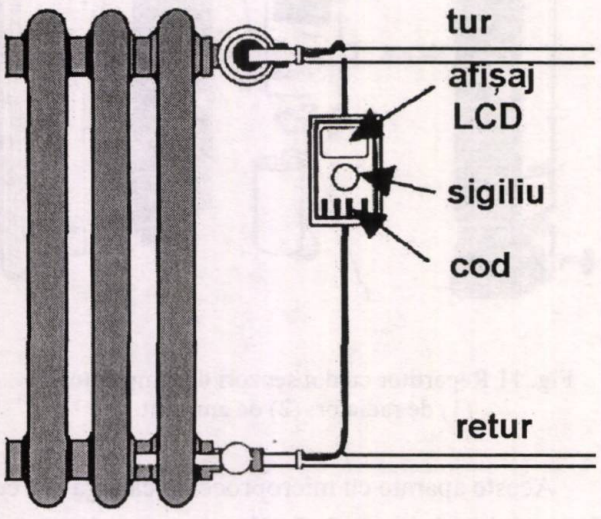


Fig. 12 Repartitor electronic cu trei senzori.

Microprocesorul memorează caracteristicile constructive ale radiatorului (constanta k şi exponentul n) şi realizează, pornind de la cele trei temperaturi măsurate, diferenţa logaritmică de temperatură $(DT_0)^n$. Această valoare este integrată în funcţie de timp şi este afişată, în kWh, sub formă de căldură cedată. Aparatul poate afişa temperatura agentului termic şi a aerului. Softul microprocesorului permite realizarea, prin intermediul unor comutatori de codificare specifici, a tuturor adaptărilor necesare pentru luarea în consideraţie a caracteristicilor radiatoarelor: construcţie, dimensiuni, intervale de măsurare etc. Softul poate lua, de asemenea, în consideraţie variaţiile de debit ale agentului termic (strangulări).

Prin această metodă sunt posibile măsurări exacte, chiar şi în situaţii considerate dezavantajoase pentru alte tipuri de repartitoare:

- la temperaturi joase;
- în cazurile de aport termic din exteriorul sistemului (v. fig. 1);
- în cazul izolării termice a radiatorului.

Tentativele de manipulare frauduloasă sunt detectate şi memorate.

4 Instalare, exploatare, întreţinere şi citire

4.1 *Dimensionare*

După cum am văzut, baza dimensionării repartitoarelor este puterea nominală a radiatorului. Pentru determinarea acesteia, este necesară identificarea radiatorului, adică relevarea la faţa locului a mărcii, dimensiunilor, materialelor, numărului şi formei elementilor etc. Odată identificat radiatorul, puterea sa nominală rezultă din catalogul fabricantului. Indicaţia presupune o temperatură tur /retur de 90°C / 70°C şi o temperatură ambiantă de 20°C. Finalitatea dimensionării o reprezintă „codificarea" repartitorului, care se efectuează numai de către specialiştii firmei de servicii energetice. În cadrul codificării se ţine seama şi de alţi factori, cum ar fi fixarea aparatului, sau racordarea hidraulică a radiatorului. De exemplu, în cazul concret al unui radiator cu puterea de catalog 2.646 W, rezultă o putere calculată de 2.328 W, căreia îi corespunde o codificare (3,7,8), care este introdusă în memoria repartitorului. Codificarea

memorată trebuie să fie vizibilă din exteriorul carcasei repartitorului electronic (v. fig. 10).

4.2 *Reguli privind instalarea*

Instalarea repartitoarelor este o activitate specializată, care depinde de caracteristicile aparatelor. Numai un personal bine instruit este capabil să ţină seama de toate criteriile importante, în cazul tuturor modelelor de radiatoare. Întrucât toate datele referitoare la radiatoare şi codificări sunt integral înregistrate în memoria unui PC şi ele constituie baza decontărilor ulterioare, este evident că aceeaşi societate de servicii energetice trebuie să execute instalarea, supravegherea periodică şi citirea aparatelor.

Amplasarea repartitoarelor trebuie să se facă într-o asemenea manieră, încât în timpul perioadei de încălzire, măsurările să se efectueze în „*centrul de greutate termică*" al radiatorului. Atât la repartitoarele cu evaporare, cât şi la cele electronice, alegerea punctului de fixare trebuie făcută cu cea mai mare grijă. Încercările făcute pe stand, conform normelor DIN (v. fig. 4), pentru determinarea poziţiei „centrului de greutate termică" au stabilit că, la majoritatea tipurilor de radiatoare, acest punct se situează la 60-80% din înălţimea radiatorului şi la jumătatea lungimii sale. La radiatoare identice, înălţimea de instalare nu trebuie să difere.

Instalarea repartitorului trebuie să se facă întotdeauna într-o zonă prin care agentul termic circulă efectiv.

Repartitoarele trebuie să se fixeze astfel încât să existe acelaşi coeficient de transmisie între ele şi toate radiatoarele din acelaşi imobil. Această condiţie nu se poate realiza printr-o simplă lipire, ci prin utilizarea unor elemente mecanice adecvate (dispozitive de contrastrângere, şuruburi, piuliţe etc.).

După instalare, repartitoarele se protejează, prin sigilare, împotriva intervenţiilor neautorizate.

Dacă proprietarul imobilului doreşte, i se poate remite un dosar al aplicaţiei, care conţine datele de bază ale consumatorilor din toate apartamentele.

4.3 *Supravegherea, întreţinerea şi citirea repartitoarelor*

Cu prilejul citirii anuale a repartitoarelor, aparatele se verifică şi se pun în funcţiune pentru sezonul următor. În afara schimbării periodice a fiolelor sau a bateriilor, supravegherea se referă şi la controlul anual al funcţionării corecte a repartitoarelor. Mai ales în primul an, se recomandă verificarea codificării.

La aparatele cu senzori la distanţă, se verifică fixarea şi, mai ales, starea cablurilor. Dacă valorile înregistrate sunt incredibil de mici, se procedează mai întâi la verificarea funcţionării cu vechea baterie.

Orice activitate de service, care presupune deschiderea aparatului, se finalizează cu sigilarea repartitorului. Sigiliile de rezervă trebuie să fie păstrate sub cheie şi nu vor fi lăsate, sub nici o formă, la îndemâna locatarilor sau a administratorilor de imobil. Din raţiuni de securitate, aspectul vizual al sigiliilor trebuie să se schimbe anual.

Practica demonstrează că tipurile de repartitoare utilizate în prezent se caracterizează printr-o bună fiabilitatea şi securitate a informaţiei.

Citirile anuale se înscriu într-o fişă de releveu (vezi, de exemplu, fig. 9). Prelucrarea ulterioară a acestor informaţii ţine de modelul de repartizare adoptat prin lege, în funcţie de politica energetică a ţării. Deşi nu constituie subiectul acestui articol, prelucrarea informaţiei are ca finalitate emiterea, pentru fiecare locatar, a unui document, care să asigure repartizarea cheltuielilor, fie prin compensarea lor între locatari, fie prin aplicarea, în sezonul de încălzire următor, a unor coeficienţi de repartizare individuală.

5 Exactitatea de măsurare

Câmpul de aplicaţie al fiecărui tip de repartitor trebuie să fie definit clar de către fabricant sau furnizor. Un criteriu esenţial de alegere este exactitatea estimată, în funcţie de *temperatura medie de exploatare în timpul perioadei de încălzire*. În principiu, exactitatea de măsurare a repartitoarelor electronice este superioară şi, în consecinţă, nu se recomandă utilizarea repartitoarelor cu evaporare la temperaturi medii mai mici de 40°C [7].

În ţările cu tradiţie îndelungată în domeniul repartizării cheltuielilor de încălzire (Elveţia, Germania, Danemarca), instituţiile de metrologie legală supun repartitoarele la încercări de tip detaliate. Obiectivul principal al acestor încercări este realizarea unei corelaţii biunivoce între indicaţia

aparatelor şi consumul de căldură. În plus, se evaluează capacitatea aparatelor de a realiza o repartizare echitabilă a cheltuielilor, precum şi rezistenţa împotriva intervenţiilor frauduloase.

5.1 *Exactitatea prescrisă*

În general, utilizarea repartitoarelor vizează încadrarea erorilor de repartizare, cumulate pe o perioadă de un an, în intervalul 8%.

5.2 *Exactitatea instrumentală*

Studiile ştiinţifice au demonstrat că repartitoarele de cheltuieli de încălzire încercate pe standuri de probă, cu simulatoare de temperatură superficială, beneficiază de o rezervă de exactitate suficient de mare pentru încadrarea în limitele erorii anuale prescrise.

5.3 *Exactitatea sistemului*

Exactitatea sistemului defineşte comportamentul ansamblului repartitor-radiator. Un factor important este calitatea contactului termic dintre repartitor şi suprafaţa radiatorului. Esenţială este stabilirea valorilor coeficientului k, referitor la calitatea contactului termic, în funcţie de configuraţiile suprafeţei radiante şi de modurile de fixare ale repartitorului.

Întrucât corectitudinea releveelor are o importanţă decisivă în repartizarea cheltuielilor, numai un aparat cu indicaţii clare şi neechivoce poate asigura o corelare clară între căldura consumată şi sumele facturate.

Eroarea de apreciere a puterii nominale a radiatorului este o altă sursă de incertitudini, mai ales atunci când se apelează la soluţii de instalare neconforme (nişă, protejare cu măşti etc.). Chiar şi atunci când acest factor este definit exact, se produce, totuşi, o eroare de cuantificare la introducerea lui în memoria repartitorului.

În circuitele de distribuţie cu temperatura turului reglată în funcţie de temperatura exterioară (cum se întâmplă, în prezent, în România), puterea termică este modulată în comun pentru toţi utilizatorii, nefiind utilizată, în mod curent, reglarea individuală a debitului. S-a dovedit experimental că aceste variaţii ale temperaturii turului nu influenţează sensibil profilul de temperatură al radiatorului. Dimpotrivă, variaţia temperaturii superficiale afectează forma curbelor de variaţie a indicaţiilor repartitorului şi, respectiv, a puterii radiatorului. Mai ales în zona temperaturilor scăzute (sub 40°C), curbele nu se suprapun. Tocmai de aceea, în această zonă se observă comportamente diferite ale repartitoarelor prezentate la punctele 3.1 şi 3.2. De fapt, acesta este motivul principal pentru care repartitoarele nu pot fi considerate contoare de căldură propriu-zise. Influenţele nu sunt, totuşi, importante pentru repartitoare, deoarece variaţia temperaturii turului afectează în aceeaşi măsură toţi utilizatorii racordaţi la o instalaţie de încălzire comună şi, în consecinţă, eroarea relativă de repartizare rămâne redusă. Trebuie să precizăm că repartitoarele descrise la punctul 3.3 sunt total insensibile la influenţele datorate variaţiei temperaturii turului.

Motivarea consumatorilor pentru economisire, indusă de repartizarea individuală a cheltuielilor, a impus necesitatea reglajului individual, ca o suplimentare a reglajului colectiv al temperaturii turului. Dar reglajul individual nu se poate face decât prin modificarea debitului, manuală sau automată, prin robinete termostatate, instalate pe radiatoare (v. pct. 6). În acest caz (v. fig. 7) stabilirea locului de instalare a repartitorului pe radiator devine o acţiune foarte importantă. În sens strict, punctul de instalare se stabileşte precis numai pentru o singură stare de funcţionare a robinetului de reglare. Modificările fireşti, în ambele sensuri, ale stării de funcţionare provoacă erori suplimentare, care trebuiesc ponderate, în funcţie de frecvenţa reglajelor, în cadrul unei perioade de încălzire. Tocmai acest incovenient a determinat dezvoltarea aparatelor prezentate la punctul 3.3, practic insensibile la variaţia debitului.

5.4 *Exactitatea cumulată*

Erorile parţiale, anterior prezentate, se combină şi au efect asupra releveului anual al înregistrărilor. Teoretic, perioada totală ar trebui să fie divizată în intervale parţiale, caracterizate prin aceleaşi stări de funcţionare. Ponderând incertitudinile individuale, se obţine incertitudinea globală, cumulată, care afectează repartizarea cheltuielilor. Fiind vorba despre probleme de neliniaritate, în care ar trebui să se ia în considerare efectele compensării, precum şi obişnuinţele individuale

ale locatarilor, care nu corespund modelului tipic, calculul incertitudinii globale este extrem de complicat.

Lipsa proporţionalităţii nu trebuie să producă neapărat efecte importante asupra împărţirii cheltuielilor, mai ales când consumul de căldură al tuturor locatarilor este uniform în întreaga perioadă de încălzire. Un caz defavorabil poate fi, de exemplu, acela în care un locatar, care îşi încălzeşte în mod obişnuit locuinţa, nu consumă căldură în cele mai friguroase 20-30 de zile ale iernii. Din păcate, situaţia este frecventă în România, unde multe apartamente nu sunt locuite şi proprietarii închid temporar radiatoarele pentru a-şi diminua plăţile.

Experienţa demonstrează, totuşi, că în instalaţiile corect supravegheate, este posibilă menţinerea erorilor de repartizare în interiorul intervalului prescris.

5.5 *Exactitatea în funcţie de specificul locuinţei*

Studiile întreprinse pe mii de cazuri au relevat diferenţe importante între consumurile de căldură ale locuinţelor în funcţie de amplasare (etaj, puncte cardinale – v. fig. 2) şi de caracteristicile fizice ale construcţiei. În consecinţă, în unele ţări, s-a trecut de la repartizarea riguroasă a cheltuielilor în funcţie de consumul individual, la un alt tip de repartiţie, care nu ţine seama de condiţiile neimputabile locatarilor, ci numai de comportamentul lor energetic. Această problemă, care depăşeşte cadrul evaluărilor metrologice, face obiectul politicii energetice a fiecărei ţări şi al legislaţiei privitoare la modelul de repartizare. Este bine să se ştie însă, că aprecierea caracteristicilor fizice ale construcţiei poate introduce incertitudini mult mai importante decît cele specifice repartitoarelor propriu-zise. Din exemplul prezentat în figura 2, rezultă că, pentru a realiza acelaşi indice de confort termic între locuinţele aceluiaşi imobil, pot apărea diferenţe de consum de până la 35%.

5.6 *Pierderea exactităţii prin manipulări frauduloase*

Imediat după apariţia pe piaţă a repartitoarelor, s-a pus şi problema manipulării înregistrărilor. O distrugere prin violenţă a componentelor sistemului nu este convenabilă, deoarece locatarul nu şi le poate repara singur. Orice distrugere este detectată cu prilejul prelevării înregistrărilor şi, în consecinţă, se trece automat la sistemul pauşal de plată, mai defavorabil. Repartitoarele electronice moderne dispun de mijloace de detectare şi de memorare a intervenţiilor frauduloase.

Există, totuşi, şi încercări nedistructive de manipulare. Erorile provocate se repercutează împotriva „autorului", sau duc la cheltuieli de reparaţii, care depăşesc economiile presupuse. Tabelul de mai jos dă, cu titlu de exemplu, încercările de laborator făcute cu repartitoarele cu evaporare [4].

În ţările cu experienţă bogată în domeniu, manipulările sau falsificările probate sunt pasibile de urmărire judiciară. Practica a demonstrat, totuşi, că numărul de încercări frauduloase este insignifiant.

6 Sisteme de reglare

Reglarea încălzirii este legătura între furnizorul şi consumatorul de căldură, adică între cerere şi ofertă. Reglarea are ca scop adaptarea automată a ofertei la cerere. Pentru a îndeplini această funcţie, un sistem de reglare trebuie să ţină seama de aportul exterior de căldură (de exemplu, căldura solară) şi să fie echipat cu un ceasornic progra-

Nr. crt.	Tipul manipulării	Creşterea indicaţiei	Scăderea indicaţiei
1	Acoperirea cu o cârpă uscată	+23%	
2	Acoperirea cu o cârpă uscată, umezită la interval de 2 ore	+12%	
3	Îmbrăcarea într-o folie de aluminiu	+8%	
4	Suflarea cu un ventilator (2 m; 0,6 m/s)		–32%

mator, care să reducă încălzirea în timp ce locuinţa nu este ocupată. Reglarea trebuie, de asemenea, să-i ofere fiecărui locatar posibilitatea de a-şi alege propriul nivel de consum.

Există mai multe sisteme de reglare. Ne vom opri, în continuare, la cele mai utilizate: reglarea centralizată a temperaturii turului, în funcţie de condiţiile atmosferice, şi reglarea individuală, cu robineţi termostataţi, a consumului fiecărui radiator. Cele două sisteme nu se exclud, ci se completează reciproc.

6.1 *Reglarea centralizată a temperaturii turului, în funcţie de condiţiile atmosferice* (fig. 13)

În marile imobile, sau în grupurile de blocuri alimentate de la aceeeaşi sursă, reglarea încălzirii este determinată de temperatura aerului exterior. Senzorul exterior este denumit frecvent „sonda atmosferică", deoarece ţine seama, într-o oarecare măsură, şi de efectul combinat al soarelui şi al vântului. Relaţia dintre temperatura interioară şi temperatura aerului exterior (sau condiţiile atmosferice) se stabileşte prin intermediul temperaturii agentului termic din conducta de tur. Cu cât temperatura exterioară este mai coborâtă, cu atât turul trebuie să aibă o temperatură mai ridicată, pentru a asigura temperatura ambiantă interioară dorită. Curba de încălzire stabileşte care temperatură a turului este necesară, pentru o anumită temperatură exterioară. Acest sistem de reglare a temperaturii turului, în funcţie de condiţiile atmosferice, combinat cu un ceasornic programator,

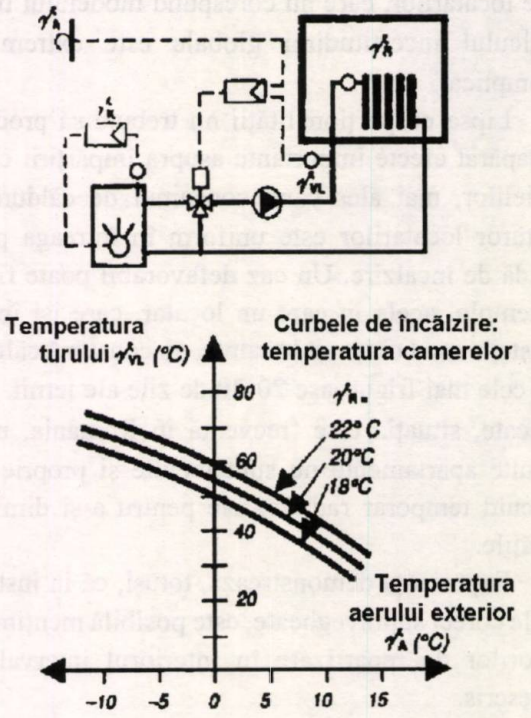


Fig. 13 Reglarea temperaturii returului, în funcţie de condiţiile atmosferice.

este sistemul de reglare centralizată, cel mai utilizat în prezent [8].

Introducerea unui asemenea sistem de reglare centralizată, induce economii energetice importante. Din figura 14, rezultă că, pentru perioade calendaristice similare, consumul de combustibil s-a diminuat cu 30-35%, după introducerea reglării. Foarte interesant este faptul că, în perioada sărbătorilor de iarnă şi în week-end, consumul s-a

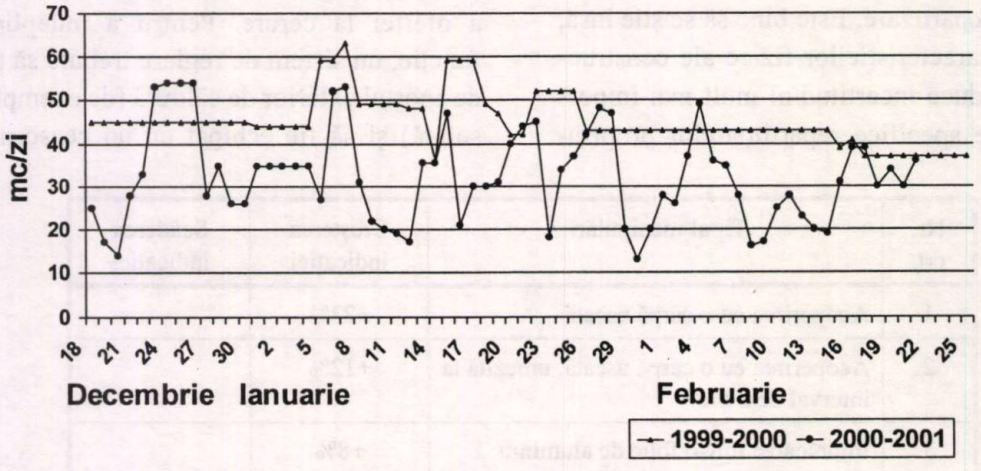


Fig. 14 Efectul economic al reglării centralizate.

menţinut, totuşi, la un nivel relativ ridicat. În restul timpului, regulatorul şi-a făcut datoria.

6.2 *Reglarea individuală a temperaturii din locuinţe*

Scopul principal al sistemelor de repartizare este modificarea comportamentului energetic al utilizatorilor. În consecinţă, fiecare locatar trebuie să aibă posibilitatea de a-şi regla consumul de căldură în funcţie de necesităţi, prin fixarea şi menţinerea facilă a temperaturii dorite, în fiecare încăpere a locuinţei sale (fig. 15).

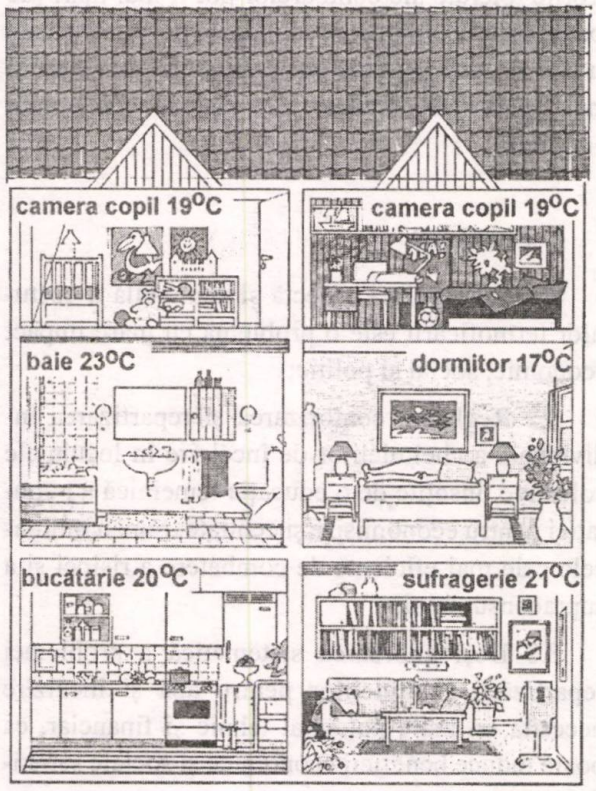


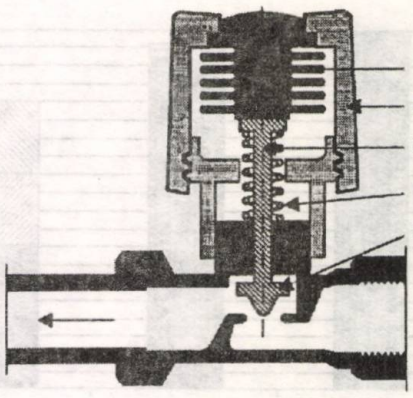
Fig. 15 Reglarea temperaturii în funcţie de necesităţi.

Robineţii manuali, clasici, ai radiatoarelor nu înregistrează nici o variaţie a temperaturii şi, în consecinţă, nu îndeplinesc condiţiile impuse unei încălziri reglate. O reglare individuală corectă şi avantajoasă se realizează numai cu ajutorul robineţilor termostataţi, care sunt regulatoare proporţionale (regulatoare P), fără energie de acţionare. Fiecare robinet termostatat constituie un circuit de reglare complet, prevăzut cu un senzor de temperatură ambiantă, un regulator direct şi o supapă. Toate aceste elemente sunt, în general, grupate într-un singur aparat. Din fig. 16 se observă că senzorul de temperatură (1) este montat direct în interiorul rozetei (2). Acest senzor constă dintr-un burduf elastic, plin cu gaz sau lichid, şi este racordat la conul supapei (5) prin tija de transmisie (3) şi arcul de rapel (4).

Principiul de funcţionare al robinetului termostatat este foarte simplu. Temperatura dorită se fixează cu ajutorul rozetei de reglare, în sensul comprimării sau destinderii burdufului elastic. Când temperatura ambiantă creşte, de exemplu, datorită radiaţiei solare, conţinutul burdufului se dilată şi acesta acţionează asupra conului supapei, prin intermediul tijei. Debitul de agent termic este redus, ceea ce diminuează puterea termică degajată de radiator. Dimpotrivă, când temperatura scade, burduful se contractă şi deschide supapa.

Întrucât robineţii termostataţi sunt regulatoare autonome, exactitatea de înregistrare a parametrului determinant (temperatura ambiantă) este decisivă. Din acest punct de vedere, se cunosc patru tipuri de robineţi termostataţi:

a) cu senzor integrat (fig. 16);
b) cu senzorul amplasat la distanţă;
c) cu senzorul şi regulatorul amplasaţi la distanţă (elemente combinate);
d) cu senzorul şi regulatorul amplasaţi la distanţă (elemente separate).



1 senzor de temperatură (burduf)
2 rozetă de reglaj al temperaturii
3 tijă de transmisie
4 arc de rapel
5 conul supapei

Fig. 16 Robinet termostatat.

7 Contoarele de apă utilizate ca repartitoare de cheltuieli

În ultimii ani, în multe oraşe din ţară au început adevărate campanii de instalare a contoarelor de apă în apartamentele din blocuri. Se ştie că, în imobilele vechi, configuraţia coloanelor de alimentare cu apă rece şi caldă nu permite instalarea unor contoare de branşament unice, pentru fiecare apartament. Din acest motiv, numărul contoarelor, coincide, în general, cu numărul locurilor de utilizare (2-3 contoare de apă rece şi tot atâtea de apă caldă). În unele localităţi, reglementările consiliilor locale, impun utilizarea directă a indicaţiilor acestor contoare în decontările dintre locatari. Deşi efectele economice pozitive sunt indiscutabile, această soluţie de decontare a consumurilor efectiv înregistrate de contoarele de apartament poate provoca tensiuni între locatari. Astfel, deoarece contoarele de apartament nu înregistrează pierderile mici, care, cumulate, sunt sesizate totuşi de contoarele de branşament, bilanţurile volumetrice nu se închid niciodată. Diferenţele sunt destul de însemnate: 20...60%, la apa rece şi 10...20%, la apa caldă, şi în multe cazuri ele trebuie acoperite de către locatarii necontorizaţi.

În fig. 17 este prezentat cazul concret al alimentării cu apă rece al unui bloc de locuinţe cu 100 de apartamente. Blocul este echipat cu un contor Woltman DN 50, clasă C şi 300 contoare monojet DN 15 clasă B. Se observă că pierderile nesesizate de contoarele de apartament (sub 1/6 din q_{min}, adică sub 5 l/h/contor) sunt importante şi de acelaşi ordin de mărime cu consumul mediu util (80 l/zi·persoană).

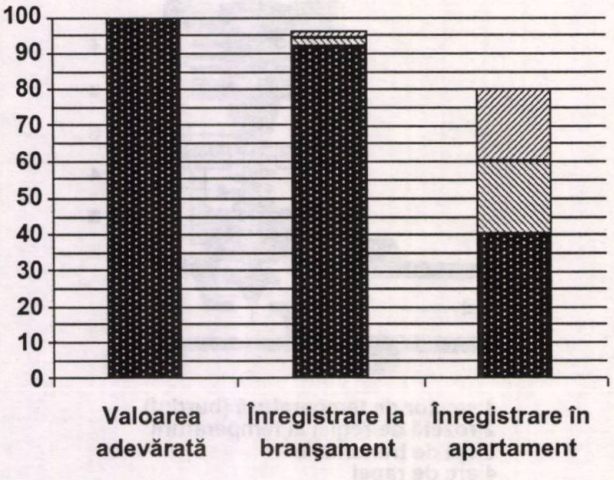


Fig. 17 Neînchiderea bilanţurilor volumetrice în cazul unui branşament de apă rece.

Concluzia nu poate fi decât una singură: contoarele de apartament nu pot fi utilizate pentru facturări directe, ci numai ca repartitoare de costuri. Pe plan strict metrologic, această abordare prezintă consecinţe importante. Astfel, deşi, în fapt, este vorba despre nişte contoare de apă, datorită modului concret de utilizare, ele nu se supun controlului metrologic obligatoriu, ci numai verificării la cerere. Totodată, în cazul utilizării ca repartitoare, erorile tolerate ale contoarelor pot fi mai mari (de exemplu, 8%) şi, în consecinţă, ele pot fi verificate la faţa locului, prin metode mai puţin laborioase şi mai ieftine (de exemplu, cu etaloane de volum portabile).

8 Concluzii

8.1 Distribuirea corectă şi echitabilă a costurilor termoficării este o problemă cu mare impact economic, social şi politic;

8.2 Reglarea, contorizarea şi repartizarea individuală a cheltuielilor de încălzire în locuinţele colective, însoţite de o educaţia temeinică a populaţiei pentru economisire şi echitate, rămân mijloacele cele mai eficiente de combatere a risipei şi a supraconsumului;

8.3 Deşi abordarea sistematică a problemei repartizării cheltuielilor pentru apă şi încălzire necesită un mare potenţial tehnic şi financiar, ea poate induce beneficii economice şi sociale semnificative;

8.4 Campania de introducere a contorizării şi a repartizării trebuie susţinută de o temeinică pregătire legislativă, care să instituie un model naţional de repartizare a cheltuielilor, bazat pe politica energetică a ţării;

8.5 În cazul blocurilor de locuinţe, repartizarea individuală a consumurilor pe bază de măsurări trebuie să se abordeze global (căldură + apă rece + apă caldă + gaze naturale);

8.6 Serviciile de contorizare şi repartizare trebuie dublate de servicii de consultanţă şi asistenţă juridică specifice relaţiei consumatori-furnizori;

8.7 Repartizarea individuală a cheltuielilor de încălzire trebuie să fie însoţită, obligatoriu, de contorizare, echilibrare hidraulică şi reglare;

8.8 Echipamentele au nevoie de o mentenanţă calificată şi permanentă, ştiut fiind că „blocarea" contoarelor şi a repartitoarelor poate compromite definitiv şi irevocabil ideea de măsurare;

8.9 Tratarea metrologică a repartitoarelor trebuie să fie diferită de cea a contoarelor utilizate în relaţia furnizori-consumatori;

8.10 Prestarea serviciilor de contorizare şi repartizare poate fi făcută numai prin entităţi specializate (în principiu, societăţi de servicii energetice, neutre şi opozabile furnizorilor şi autorităţilor).

BIBLIOGRAFIE

[1] *Adunka, F.*, Warmemessung, *Vulkan-Verlag* , 1984

[2] *Adunka, F.*, Bericht uber das Forschungsprojekt Wärmeableitfehler und Temperaturverteilung in Rohrleitungen, 1988

[3] *Eckert, Hans Dietrich*, Warmezahler-Handbuch, VWEW, 1994

[4] *U. Anderes, H.P. Behnd, R. Hotz, H.J. von Eisenhart*, Repartiteurs de frais de chauffage montes sur radiateurs, Heizung und Lufting 3/85

[5] *U. Anderers, H.P. Behnd*, Le decompte de chauffage en fonction de la consommation dans la pratique, Heizung und Lufting 6/85

[6] EN 1434 /1,2,3,4,5,6 – Heat meters.

[7] NF EN 834 – Repartiteur de frais de chauffage pour enregistrer les valeurs de consommation de surface de corps de chauffe. Appareils avec un alimentation electrique

[8] Office federal de l'energie – Planification et realisation du decompte individuel des frais de chauffage (DIFC) avec etude exemplaire, Ed. Office federal de l'energie, Berne, Octobre, 1992

[9] Office federal de l'energie, Groupe de travail locataires-bailleurs – Modele de decompte individuel des frais de chauffage et d'eau chaude DIFC, Ed. Office federal de l'energie, Berne, Fevrier 1993

[10] *P. Dârvariu*, Instalaţie de măsurare a energiei termice, Brevet de invenţie 112216 B1

[11] *P. Dârvariu, Contor de energie termică, Brevet de invenţie 114831 B*

[12] OIML R 75-1988 – Heat meters

POSIBILITĂȚI TEHNICE DE ATESTARE CA ETALON A UNUI COMPARATOR DIGITAL

Ioana ODOR*)

Abstract: *The paper presents the technical possibilities and the calibration method available in the electric measurements laboratory of the National Institute of Metrology in Romania for the assessment and confirmation of digital comparators as measurement standards for electric power and energy at f = 50 Hz.*

Résumé: *L'article présente les possibilités techniques et la méthode d'étalonnement disponible dans le laboratoire de mesures électriques de l'Institut National de Métrologie de Roumanie pour evaluer et confirmer un comparateur numérique comme étalon pour la puissance et l'énérgie électrique pour f = 50 Hz.*

Comparatorul digital este un mijloc de măsurare de înaltă exactitate, care poate fi utilizat în laboratoarele de metrologie autorizate de Biroul Român de Metrologie Legală, ca etalon de putere şi energie electrică la frecvenţa industrială (f = 50 Hz).

Principalele caracteristici tehnice ale unui astfel de comparator sunt, în general, următoarele: unde:

- U tensiunea de alimentare a circuitelor de tensiune;
- I curentul de alimentare a circuitelor de curent;
- P, Q, S puterea activă, reactivă, respectiv aparentă, măsurată de comparator;
- f_{OUT} frecvenţa de ieşire;
- C_P, α, β constante indicate, pentru diferite intervale de curent şi tensiune, în Manualul de utilizare a comparatorului digital;

Principiul de funcţionare al unui comparator digital prezentat în [1] se bazează pe compararea, prin metode de prelucrare digitală cu ajutorul unui procesor intern şi a unui program de firmă specializat, a valorilor efective ale mărimilor de c.a. cu valorile de c.c. obţinute de la o sursă internă de referinţă de c.c.

Evaluarea în conformitate cu [2] şi [3], în laboratoarele de specialitate ale INM, a unui astfel de mijloc de măsurare ca etalon a presupus elaborarea unei Instrucţiuni de lucru [4], care a urmărit stabilirea unei metodologii de verificare a conformităţii funcţionării şi performanţelor mijlocului de măsurare cu indicaţiile din manualul de utilizare a comparatorului, prin luarea în consideraţie a metodelor indicate în normativele internaţionale [5], [6] şi a reglementărilor naţionale [7], [8] aprobate de B.R.M.L.

Tabel 1

U		I		Erori limită la măsurarea			f_{OUT}
Interval de valori	Erori limită	Interval de valori	Erori limită	P	Q	S	
(3...30)V	±0,05 %	–	–	–	–	–	$f = \frac{\Sigma P \cdot \Sigma C_P \cdot \alpha \cdot \beta}{3600}$
(30...480)V	±0,01%	1mA...9,9mA	±0,02%	±0,05%	±0,10%	±0,05%	
		10mA...120A	±0,01%	±0,01%	±0,02%	±0,01%	

*) Institutul Naţional de Metrologie, şos. Vitan Bârzeşti nr. 11, sector 4, Bucureşti.

La baza acestor metode de calcul a erorii de măsurare este relaţia:

$$E(\%) = \frac{P_x - P_e}{P_e} \times 100\,\% = \frac{k_x f_x - k_e f_e}{k_e f_e} \times 100\,\% \quad (1)$$

unde:

P_x, f_x, k_x puterea, frecvenţa de ieşire, respectiv constanta contorului (comparatorului) de etalonat;

P_e, f_e, k_e puterea, frecvenţa de ieşire, respectiv constanta contorului (comparatorului) etalon.

În cazul în care contoarele (comparatoarele) au aceeaşi constantă, relaţia (1) devine:

$$E(\%) = \frac{f_x - f_e}{f_e} \times 100\,\% \quad (2)$$

Laboratorul Mărimi electrice din cadrul I.N.M. dispune de un comparator digital [9] cu aceleaşi domenii de măsurare şi aceeaşi exactitate, caracterizat metrologic în laboratoarele de specialitate ale PTB – Germania prin certificat de etalonare [10]. Acest comparator reprezintă etalonul de referinţă al României pentru putere şi energie electrică la f = 50Hz.

Asigurarea trasabilităţii, conform cerinţelor [11], a comparatorului digital de evaluat ca etalon de referinţă pentru un laborator de metrologie, se poate obţine prin etalonarea în comparaţie cu etalonul de referinţă [9] din I.N.M.

Operaţia constă în compararea valorilor măsurate cu comparatorul supus operaţiei de etalonare, cu valorile măsurate de comparatorul, de acelaşi tip, din dotarea INM.

Cele două mijloace de măsurare trebuie să fie conectate cu circuitele de tensiune în paralel şi cu circuitele de curent în serie, iar borna $\mathbf{f_{OUT}}$ a comparatorului de verificat va fi conectată, prin cablu ecranat, la borna f_{IN} de la comparatorul etalon al INM.

Frecvenţmetrul conectat la ieşirea în frecvenţă a comparatorului de etalonat permite măsurarea mărimii de ieşire şi compararea valorilor obţinute cu cele teoretice calculate conform tabelului 1.

Îndeplinirea condiţiilor metrologice privind exactitatea de măsurare a mărimilor electrice **P, Q,**

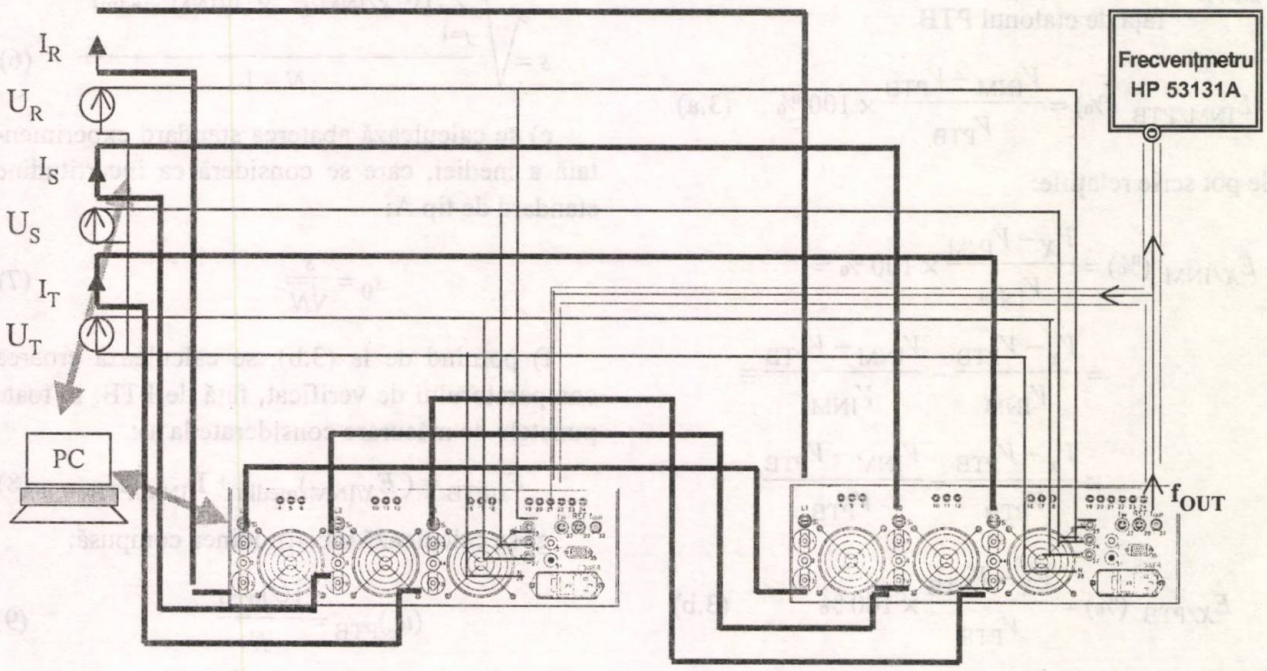


Fig. 1 Schema de principiu pentru etalonarea unui comparator digital.

S, f_{OUT} se verifică prin alimentarea circuitelor de la o sursă trifazată, cu valori de ieşire în limitele necesare pentru asigurarea tuturor intervalelor de măsurare ale tensiunii şi curentului, conform tabelului 1. Stabilitatea sursei trebuie să fie de 0,02% pe durata unei ore, pentru toate valorile de tensiune şi de curent. În cazul în care este posibilă utilizarea unei surse [12] comandată de computer compatibil IBM, se efectuează verificarea, conform punctului 5.1 din [4], a tuturor posibilităţilor de programare a comparatorului digital.

În vederea determinării incertitudinii de etalonare pentru măsurările efectuate prin utilizarea schemei din figura 1, se consideră următoarele notaţii:

$E_{INM/PTB}$ eroarea etalonului INM faţă de etaloanele PTB; valorile acestei erori se găsesc în certificatul emis de PTB;

V_{INM} valoarea indicată de comparatorul INM, la compararea cu etalonul PTB;

V_{PTB} valoarea indicată de comparatorul PTB;

$E_{x/INM}$ eroarea comparatorului de etalonat faţă de etalonul INM;

V_x valoarea indicată de comparatorul de etalonat, la compararea cu etalonul INM;

V_{INM} valoarea indicată de comparatorul INM;

$E_{x/PTB}$ eroarea comparatorului X, de etalonat, faţă de etalonul PTB.

$$E_{INM/PTB}\ (\%) = \frac{V_{INM} - V_{PTB}}{V_{PTB}} \times 100\ \% \qquad (3.a)$$

Se pot scrie relaţiile:

$$E_{X/INM}\ (\%) = \frac{V_X - V_{INM}}{V_{INM}} \times 100\ \% =$$

$$= \frac{V_x - V_{PTB}}{V_{INM}} - \frac{V_{INM} - V_{PTB}}{V_{INM}} \cong$$

$$\cong \frac{V_x - V_{PTB}}{V_{PTB}} - \frac{V_{INM} - V_{PTB}}{V_{PTB}}$$

$$E_{X/PTB}\ (\%) = \frac{V_X - V_{PTB}}{V_{PTB}} \times 100\ \% \qquad (3.b)$$

Rezultă:

$$\mathbf{E_{x/PTB} = E_{X/INM} + E_{INM/PTB}} \qquad (4)$$

În vederea stabilirii incertitudinii compuse şi a incertitudinii extinse pentru determinările care se efectuează la etalonarea unui comparator digital, se procedează după cum urmează:

a) se alege un număr N de măsurări pentru fiecare valoare de tensiune, curent şi factor de putere considerate în tabelul de puncte de măsurare stabilite în conformitate cu certificatul de etalonare elaborat de laboratoarele de specialitate de la PTB;

b) se efectuează cele N măsurări obţinându-se pentru fiecare determinare câte o eroare a comparatorului de verificat, de forma:

$$(E_{X/INM})_1;\ (E_{X/INM})_2;\ (E_{X/INM})_3;$$

$$(E_{X/INM})_4;\ \ldots\ (E_{X/INM})_N$$

c) se determină eroarea medie, cu relaţia:

$$(E_{X/INM})_{mediu} = \frac{\sum_{j=1}^{N} (E_{X/INM})_j}{N} \qquad (5)$$

d) se determină abaterea standard experimentală a unei măsurări individuale, cu relaţia:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N} [(E_{X/INM})_j - (E_{X/INM})_{mediu}]^2}{N-1}} \qquad (6)$$

e) se calculează abaterea standard experimentală a mediei, care se consideră ca incertitudine standard de tip A:

$$s_0 = \frac{s}{\sqrt{N}} \qquad (7)$$

f) pornind de la (3.b), se calculează eroarea comparatorului de verificat, faţă de PTB, în toate punctele de măsurare considerate la a):

$$E_{x/PTB} = (E_{X/INM})_{mediu} + E_{INM/PTB} \qquad (8)$$

g) se calculează incertitudinea compusă:

$$(u_c)_{PTB} = \frac{(U)_{PTB}}{K} \qquad (9)$$

unde:

$(U)_{PTB}$ incertitudinea extinsă, prezentată în certificatul de etalonare de la PTB

pentru factor de extensie $k = 2$ şi nivel de încredere 95%.

h) se calculează incertitudinea compusă, considerând şi incertitudinea introdusă prin operaţiile de etalonare efectuate la INM:

$$u_c = \sqrt{(u_c^2)_{\text{PTB}} + s_0^2} \qquad (10)$$

i) se calculează incertitudinea extinsă cu relaţia:

$$U = k \cdot u_c \qquad (11)$$

j) pentru fiecare punct de măsurare, caracterizat de valoarea de tensiune, curent şi factor de putere, se obţine valoarea erorii de măsurare:

$$E_X = E_{X/\text{PTB}} \pm U \qquad (12)$$

Punctele de măsurare, pentru care se efectuează etalonarea, conform [5], a comparatorului de evaluat, se aleg printre punctele de măsurare din certificatul de etalonare [11], emis de laboratorul de la PTB.

În vederea asigurării unei incertitudini de măsurare $U = 0{,}01\%$, pentru nivel de încredere de 95%, este necesară efectuarea mai multor cicluri de măsurări (minim 3). În cadrul fiecărui ciclu se vor efectua câte un număr de $N = 510$ măsurări, rezultatele obţinute fiind prelucrate cu ajutorul relaţiilor (5) ... (12).

În acest mod, se pot aprecia valorile erorilor de măsurare ale comparatorului de etalonat faţă de etaloanele de la PTB şi INM, în scopul atestării comparatorului ca etalon de putere şi energie elctrică activă, reactivă şi aparentă.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Kahmann, M.*, Elektrishe Energie electronisch gemessen, vde-verlag gmbh-Berlin, 1994
[2] OIML D6 – Documentaţie pentru etaloane şi dispozitive de etalonare
[3] OIML D8 – Principii de alegere, recunoaştere oficială, utilizare şi conservare a etaloanelor
[4] IL-INM-04.02.009 – Verificarea şi etalonarea comparatoarelor digitale tip KOM 200.3
[5] EN CEI 687-92 – Alternating current static watt-hour meters for energy (classes 0,2 and 0,5S)
[6] EN CEI 1268-95 – Alternating current static var-hour meters for reactive energy (classes 2 and 3)
[7] NML 5-02-97: Contoare de energie electrică activă
[8] P 133-00: Procedură de încercare/verificare/etalonare metrologică: Contoare statice de energie electrică reactivă
[9] Comparator trifazat – etalon de transfer AC/DC, tip KOM 200.3, fabricaţie EMH – Germania
[10] Certificat de etalonare, cu marca 4078 PTB 00
[11] ISO/IEC 17025-1999 – General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
[12] Sursă trifazată de putere, tip SPE 100.3, comandată prin computer sub program CAM CAL, fabricaţie EMH – Germania.

INFORMAŢII

ÎMBUNĂTĂŢIREA BAZEI ŞTIINŢIFICE PENTRU METROLOGIA ÎN CHIMIE (MiC) ÎN ŢĂRILE PRE-ACCESOARE

În perioada 12-13 februarie 2001, a avut loc la sediul Institutului pentru Materiale de Referinţă şi Măsurări (IRMM), din cadrul Joint Research Center (JRC) al Comisiei Europene (EC), din Geel, Belgia, un workshop cu tema „Îmbunătăţirea Bazei Ştiinţifice pentru Metrologia în Chimie (MiC) în Ţările Pre-Accesoare" organizat de IRMM.

La workshop au participat în total 39 de persoane invitate din 12 ţări pre-accesoare la Uniunea Europeană (EU) şi anume: Bulgaria, Republica Cehă, Cipru, Estonia, Letonia, Lituania, Malta, Polonia, România, Slovacia, Slovenia şi Ungaria. La aceştia s-au adăugat lectori invitaţi, observatori externi şi personal din partea IRMM. Participanţii la workshop-ul de la Geel proveneau din institute naţionale de metrologie, de la organisme naţionale de acreditare şi din universităţi din ţările pre-accesoare la EU. Din România au participat doi reprezentanţi de la Institutul Naţional de Metrologie (INM) şi un reprezentant de la organismul naţional de acreditare, RENAR.

Pe parcursul a două zile de activitate intensă, participanţii au urmărit prezentări din partea unor organizaţii cu o reputaţie deja stabilită în domeniul metrologiei în chimie, cum ar fi:

- BIPM, reprezentat de directorul acestuia, Dr. T. Quinn, cu prelegerea *„Introducerea metrologiei în chimie (stadiu şi perspective)"*
- EUROMET, reprezentat de preşedintele acestuia, Dr. W. Schwitz, care este şi directorul Institutului Naţional de Metrologie din Elveţia (Swiss Federal Office of Metrology (METAS), cu prelegerea *„Introducerea metrologiei în chimie: o perspectivă europeană"*
- IRMM, reprezentat de directorul acestuia, Dl. M. Grasserbauer, cu prelegerea *„IRMM în serviciul politicilor Uniunii Europene"*

la care s-au adăugat prezentări menite să stimuleze dezbaterile din cursul celor două zile, cum ar fi cele susţinute de:

- Dr. L. Cortez, de la Institutul Portughez de Calitate, departamentul Acreditare, reprezentând la Geel EA (European Accreditation), care a prezentat prelegerea *„Rolul acreditării în cadrul infrastructurii metrologice"*
- Dl. A. Julin, din partea DG-TRADE, care a prezentat prelegerea *„Importanţa unei infrastructuri metrologice pentru comerţ"*
- Dl. D. Hanekuyk, din partea DG-ENTR, care a prezentat prelegerea *„Metrologia legală în Uniunea Europeană"*
- Dr. N. Boley, din partea LGC (Laboratory of the Government Chemist) din Marea Britanie, care a prezentat prelegerea *„IMEP din perspectiva unui coordonator regional"*
- Dr. U. Örnemark, din partea Institutului Naţional de Încercări şi Cercetare SP din Suedia, care a prezentat prelegerea *„Metrologia în chimie: Iniţiative educaţionale"*

În prima zi, după prelegerile introductive din cursul dimineţii, după amiaza a fost rezervată discuţiilor în cadrul unor grupuri de lucru structurate după apartenenţa participanţilor:

- „Educaţie" – pentru cei provenind din mediul academic;
- „Acreditare" – pentru cei proveniţi de la organisme de acreditare;
- „Metrologie" – pentru cei proveniţi de la institute naţionale de metrologie).

rezultatele fiind apoi prezentate în cadrul şedinţei plenare de către conducătorul fiecărui grup de lucru.

În cadrul grupului de lucru „Metrologie", care a fost condus de Dr. Philip Taylor de la EC-JRC-IRMM, asistat de către Dr. Nineta Majcen de la Institutul Național de Metrologie SMIS din Slovenia, au participat șaptesprezece reprezentanți ai unor țări pre-accesoare și ai EU. Temele luate în discuție în cadrul grupului de lucru au fost:

■ **Infrastructura și alocarea resurselor.**

A reieșit faptul că, în multe țări, alocarea resurselor se bazează în mod predominant pe capabilitățile de măsurare existente. Cu excepția Sloveniei, în țările pre-accesoare reprezentate nu există încă o strategie pentru metrologia în chimie.

■ **Comunicarea dintre toate părțile implicate în activități metrologice.**

A rezultat faptul că este încă necesar să se dezvolte canale de comunicație cu beneficiarii serviciilor metrologice. Acestea pot include organisme de reglementare, agenții guvernamentale și laboratoare de referință din diverse sectoare ale economiei (protecția mediului, domeniul clinic, controlul alimentelor etc.). Cum acești factori interesați nu au fost încă suficient de bine identificați, nu au fost implicați în definirea rolului și activităților institutelor naționale de metrologie.

■ **Strategia pentru edificarea infrastructurii metrologice pentru metrologia în chimie (MiC).**

S-a ajuns la concluzia că, exceptând SMIS din Slovenia, institutele naționale de metrologie nu au o strategie pentru a stabili astfel de contacte. Foarte des, acestea sunt ocolite și nu sunt implicate în probleme importante de măsurări chimice.

■ **Gradul de conștientizare a conceptelor de trasabilitate și incertitudine de măsurare.**

Concluzia la care s-a ajuns a fost că, în general, specialiștii institutelor naționale de metrologie sunt familiarizați cu conceptele de incertitudine de măsurare și trasabilitate, dar nu stăpânesc încă modul de aplicare al acestora în contextul metrologiei în chimie, resimțindu-se lipsa exemplelor.

■ **Priorități în MiC.**

A reieșit în mod clar că, în toate țările pre-accesoare reprezentate la workshop, prioritățile sunt mai mult sau mai puțin aceleași: protecția mediului, controlul alimentelor, analizele clinice și schimburile comerciale.

A doua zi a fost în mare parte rezervată discuțiilor bilaterale dintre participanții din țările preaccesoare la EU și reprezentanți ai IRMM, precum și unei instruiri a coordonatorilor regionali ce activează în cadrul Programului Internațional de Evaluare a Măsurărilor (IMEP) organizat de IRMM.

Numărul mare de participanți și implicarea activă a acestora în cadrul workshop-ului au indicat necesitatea stabilirii și menținerii unui contact strâns, atât între țările pre-accesoare și Uniunea Europeană, cât și între ele, schimbul de idei și experiență dovedindu-se benefic pentru toți participanții, aceștia considerând utilă organizarea unei reîntâlniri pe această temă după un an.

Ionel Urdea Marcus
Steluța Duță
Participanți din partea INM

REGULI DE REDACTARE A ARTICOLELOR PENTRU REVISTA „METROLOGIE"

1 PRECIZĂRI GENERALE

- Lucrările trimise spre publicare trebuie să reprezinte contribuţii originale ale autorului.
- Responsabilitatea pentru exactitatea afirmaţiilor ştiinţifice, a calculelor şi a rezultatelor experimentale prezentate revine autorilor.
- Au prioritate lucrările trimise spre publicare însoţite de o recomandare semnată de o personalitate ştiinţifică recunoscută în domeniu, privind calitatea conţinutului ştiinţific şi a prezentării, nivelul de interes pentru cititor, originalitatea lucrării.
- Redacţia îşi rezervă dreptul de a nu publica materialele pe care le consideră necorespunzătoare. Manuscrisele nepublicate nu se înapoiază.

2 REGULI DE REDACTARE A ARTICOLELOR

- Articolele vor avea minimum 2 pagini, maximum 6 pagini, vor fi tehnoredactate pe calculator, folosind editorul de texte MICROSOFT WORD 97 sau o versiune anterioară a acestuia, cu caractere Times New Roman, corp de literă 12, şi vor fi trimise redacţiei pe dischetă însoţite de un exemplar tipărit. Desenele vor fi în alb-negru, încorporate în articol şi, de asemenea, într-un fişier separat pe dischetă. Fişierele vor fi verificate înainte de a fi trimise la redacţie cu un program antivirus recent pentru a nu trimite fişiere infectate cu viruşi. Menţionăm că, la controlul antivirus din redacţie, fişierele infectate vor fi distruse.
- Articolul trebuie să fie însoţit de un rezumat de maximum 100 cuvinte, tradus în limbile engleză şi franceză.
- Autorii vor indica numele şi prenumele, titlurile ştiinţifice, funcţia, locul de muncă, adresa şi telefonul.
- Nu se admit prescurtări, în afară de cele recunoscute şi de largă utilizare.
- Indicarea materialului bibliografic se va face complet: autor, titlu în limba originală, ediţia, numărul volumului, locul publicării, editura, anul apariţiei, iar la reviste se va indica în plus numărul şi anul publicării, pagina iniţială şi cea finală.
- Referinţele bibliografice vor fi marcate în text prin indicarea numărului de ordine al lucrării, încadrat în paranteze drepte.

Pentru detalii suplimentare contactaţi redacţia.

INM Nr.2/2001

E 8225 FF
8 000001 298835

metrologie

SUMMARY

MIRELLA BUZOIANU: Metrology in chemistry. Actual and future requirements 34

STELUȚA DUȚĂ: Considerations regarding the certification of reference materials used in analytical spectrophotometry 41

GEORGE-VICTOR IONESCU: The metrological characterization of the secondary standard for the humidity of cereals 49

IOAN CÎRNEANU, VICTORIȚA PĂUN: Sensitivity limits in instrumental analysis 55

INFORMATION

SOMMAIRE

MIRELLA BUZOIANU: Métrologie en chimie. Actuelles et prochaines exigences 34

STELUȚA DUȚĂ: Considérations concernant la certification des materiaux de référence utilisés dans la spectrophotométrie analytique 41

GEORGE-VICTOR IONESCU: La caractérisation métrologique de l'étalon secondaire pour l'humidité des céréales 49

IOAN CÎRNEANU, VICTORIȚA PĂUN: Les limites de sensibilité dans l'analyse instrumentale ... 55

INFORMATIONS

REDACȚIA

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE

Şos. Vitan-Bârzeşti nr. 11, sector 4, tel. 3345060/167
şi 3345520; Bucureşti; 75669

ISSN 1200-546 X

EDIȚIE REALIZATĂ SUB ÎNGRIJIREA

Editurii Tehnice

Piața Presei Libere 1, sector 1, București, cod poştal 71341,
tel. 222.66.30, fax 224.21.64

Cererile pentru abonamente vor fi adresate Editurii Tehnice S.A., Biroul de comenzi şi desfacere,
Bucureşti, str. Oteteleşeanu nr. 1, sector 1, cod poştal 70702. tel. 315.88.66
cont virament 2511.1 – 200.1 / ROL deschis la BCR sector 1.
Costul unui abonament anual este 216 000 lei.

GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Országos Műszaki Információs Központi és Könyvtár
BUDAPESTI MŰSZAKI E.
2001

METROLOGIE

Publicaţie tehnico-ştiinţifică

editată de

INSTITUTUL NAŢIONAL DE METROLOGIE

SUMAR

MIRELLA BUZOIANU: Metrologia în chimie. Cerinţe actuale şi de perspectivă . 34

STELUŢA DUŢĂ: Consideraţii privind certificarea materialelor de referinţă folosite în spectrofotometria analitică 41

GEORGE-VICTOR IONESCU: Caracterizarea metrologică a etalonului secundar de umiditate a cerealelor 49

IOAN CÎRNEANU, VICTORIŢA PĂUN: Limite de detecţie în analiza instrumentală 55

INFORMAŢII

*
* *

Colectivul de redacţie: dr. ing. Dragoş BOICIUC (*redactor responsabil adjunct*), dr. ing. Mirella BUZOIANU, dr. ing. Florin CREŢU, ing. Dumitru DINU, dr. ing. Steluţa DUŢĂ, ing. Sonia GAIŢĂ, prof. univ. dr. ing. Fănel IACOBESCU (*redactor responsabil*), ing. George POPA, ing. Gelu POPOVICI, ing. Mihai SIMIONESCU, ing. Ionel URDEA

Secretar de redacţie: Irina STAN

METROLOGIE, vol. XLVIII (Serie nouă) nr. 2/2001 pag. 33–64

METROLOGIA ÎN CHIMIE. CERINȚE ACTUALE ȘI DE PERSPECTIVĂ

Mirella BUZOIANU*)

Abstract: *The paper attempts to present some aspects regarding actual and future requirements on metrology in chemistry. Main tasks to bring chemical measurements to physical measurements level are discussed within the framework of a necessary structuring of a near and medium future strategy.*

Résumé: *L'article présente quelques aspects relativement aux exigences actuelles et prochaines concernant la métrologie en chimie. Les principales tâches à accomplir pour aligner les mesurages chimiques aux niveau des mesurages physiques, dans le contexte d'une structuration de la stratégie à court et moyen terme, sont discutées.*

Introducere

Metrologia, domeniu de mare importanță într-o societate modernă, are sarcina realizării bazei științifice și tehnice a măsurărilor pentru asigurarea uniformității și corectitudinii acestora în toate domeniile de activitate.

Organizarea activităților metrologice este în mod tradițional orientată pe domenii. Un domeniu este legat, de obicei, de o mărime fizică sau de un grup de mărimi fizice înrudite. Se folosesc adesea, în același context, exprimări ca: domeniul mărimilor electrice, domeniul curent continuu sau domeniul mărimilor mecanice, domeniul temperaturi etc., acordându-se termenului un înțeles larg necesitând o referire la semnificația sa. Dezvoltarea conceptelor metrologice fundamentale în fiecare domeniu în parte nu a fost, însă, realizată în aceeași manieră, fiind influențată de evoluția sub aspectul complexității produselor și serviciilor, a proceselor de fabricație, colaborările în cadrul liberei circulații a mărfurilor și aplicarea principiului recunoașterii reciproce.

Identificarea tendințelor globale de modificare a compoziției chimice a biosferei, evaluarea efectelor diferitelor specii chimice prezente în cantități mici sau în urme în mediul înconjurător și în alimente precum și o parte importantă a producției și comerțului internațional au pus în evidență, în ultimul timp, importanța măsurării unor mărimi chimice și fizico-chimice. Începând cu deceniul nouă al secolului XX, în discuțiile purtate în cadrul organizațiilor internaționale de metrologie s-a remarcat introducerea și utilizarea tot mai frecventă a termenului de „metrologie în chimie". Sesiunea a 79-a a CIPM [1] a recunoscut pentru prima dată necesitatea conjugării tuturor eforturilor pentru asigurarea mondială a uniformității și trasabilității măsurărilor chimice și fizico-chimice și a creat cadrul dezvoltării metrologiei în chimie.

Aspecte generale privind conținutul și problematica specifică a metrologiei în chimie

În principiu, orice analiză chimică cantitativă corespunde definiției date măsurării în sensul indicat de VIM [2]:

„Ansamblul de operații având ca scop determinarea unei valori a unei mărimi"

În practica curentă sunt determinate cantități corespunzătoare unui număr foarte mare de substanțe aflate în cele mai diverse matrici și exprimate în variate unități de măsură [3]. De asemenea, conceptele de mol, mase atomice și stoichiometrie chimică sunt utilizate zilnic într-o analiză chimică.

Similar celorlalte domenii de măsurare, metrologia în chimie include ansamblul aspectelor teoretice și practice ale măsurării mărimilor chimice, oricare ar fi nivelul lor de exactitate, mărimea măsurată, modul și scopul efectuării, domeniul științei și tehnicii în care intervin. Ca urmare, problematica specifică metrologiei în chimie cuprinde:

*) Institutul Național de Metrologie, șos. Vitan Bârzești nr. 11, sector 4, București.

- definirea, materializarea şi transmiterea unităţilor de măsură;
- aplicarea conceptului de trasabilitate, pe cât posibil, tuturor rezultatelor chimice;
- definirea şi realizarea sistemului complet şi complex de materiale de referinţă;
- dezvoltarea metodelor de măsurare primare care să asigure trasabilitatea direct la unităţile de măsură fundamentale ale SI (pentru măsurările chimice acestea includ în principal molul, kilogramul, metrul, amperul) şi, respectiv, a celor de referinţă, utilizat în lipsa celor dintâi;
- dezvoltarea infrastructurii specifice (laboratoare care efectuează măsurări prin metode primare de măsurare, laboratoare care utilizează metode de măsurare de referinţă etc.).

Unitatea de măsură fundamentală specifică măsurărilor chimice este molul şi este definită [2] ca:

„Molul este cantitatea de substanţă a unui sistem care conţine atâtea entităţi elementare câţi atomi sunt în 0,012 kilograme de carbon 12. Când este utilizat molul trebuiesc specificate entităţile elementare, care pot fi atomi, molecule, ioni, electroni sau grupuri specificate ale unor astfel de particule".

Aşa cum este definit, molul nu poate fi măsurat prin nici o metodă sau cu un aparat exact conform definiţiei sale şi nu este posibilă reproducerea sa sub forma unui etalon primar. Din această cauză, în cadrul metrologiei în chimie problema metodelor de măsurare primare şi cea a materialelor de referinţă ocupă un loc central.

Pornind de la unitatea de măsură fundamentală sunt definite unităţile de măsură derivate [4]. Acestea din urmă sunt cele mai frecvent utilizate în aplicaţiile curente întâlnite în laboratoarele analitice.

Punctul de plecare al oricărei măsurări chimice îl constituie stabilirea entităţii chimice (prin entitate chimică se defineşte o specie, un element sau o grupare chimică) specificate şi a unităţii de măsură în care trebuie exprimată cantitatea de substanţă. În funcţie de aceasta precum şi de natura şi cantitatea (masa sau volumul) eşantionului în care se găseşte, se stabilesc etapele analizei chimice. Orice proces analitic presupune parcurgerea mai multor etape, ilustrate în figura 1.

Prin definiţie [2], trasabilitatea este:

„ Proprietate a rezultatului unei măsurări sau a valorii unui etalon de a putea fi raportate la referinţe stabilite, de regulă etaloane naţionale sau internaţionale, prin intermediul unui lanţ

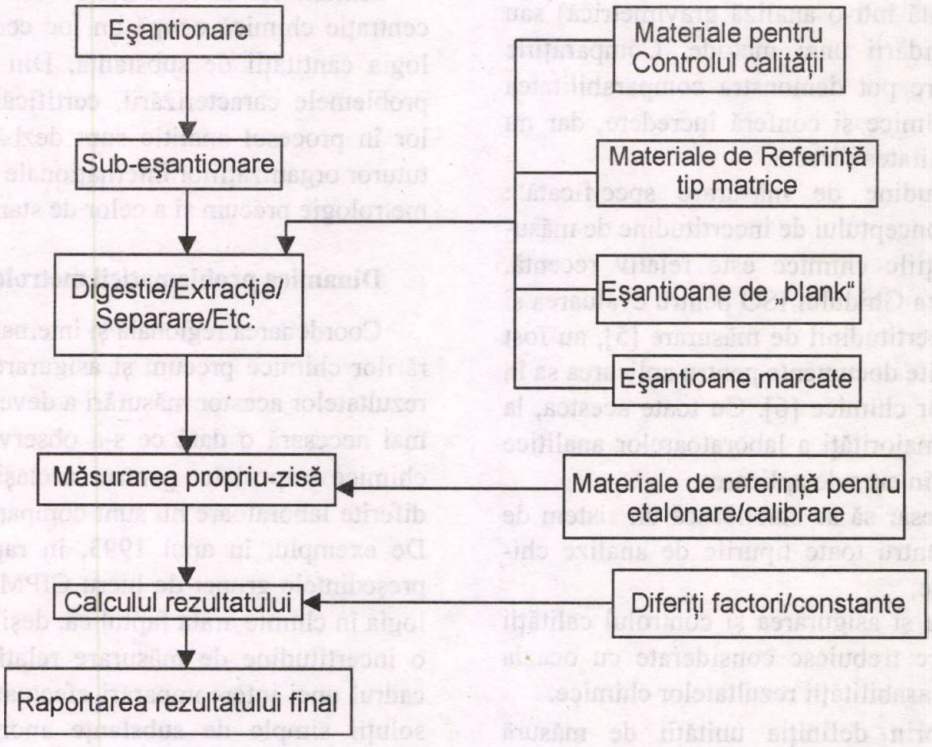


Fig. 1. Principalele etape ale unei măsurări chimice.

neîntrerupt de comparări având, toate, incertitudinile determinate".

Aplicând această definiţie în cazul măsurărilor chimice se impun următoarele precizări:

– „valoarea unui etalon": în chimie acest element al definiţiei trasabilităţii înseamnă de obicei, fie valoarea corespunzătoare purităţii sau cantităţii de componente majore, minore sau în urme, fie valoarea proprietăţii fizico-chimice, fie valoarea asociată unui material de referinţa certificat. În alte cazuri înseamnă acel rezultat care este obţinut printr-o metodă de măsurare primară sau, respectiv, de referinţă în condiţii de măsurare atent controlate.

– „referinţe specificate": prin definiţie şi prin convenţie aceste referinţe includ unităţile de măsură fundamentale şi derivate ale SI, valori de referinţă ale unor constante universale (mase atomice, constanta lui Avogadro, constanta lui Faraday etc.), valori atribuite materialelor de referinţă, metode de măsurare primare, de referinţa sau standardizate.

– „prin intermediul unui lanţ neîntrerupt de comparaţii": în măsurările chimice aceste comparaţii pot avea loc frecvent (de exemplu etalonarea zilnică a unor instrumente fotometrice în raport cu soluţii etalon), periodic (de exemplu etalonarea balanţei utilizată într-o analiză gravimetrică) sau cu ocazia validării unei metode. Comparaţiile inter-laboratoare pot demonstra comparabilitatea rezultatelor chimice şi conferă încredere, dar nu asigură trasabilitatea directă;

– „incertitudine de măsurare specificată": introducerea conceptului de incertitudine de măsurare în aplicaţiile chimice este relativ recentă. După publicarea Ghidului ISO pentru evaluarea şi exprimarea incertitudinii de măsurare [5], au fost elaborate diferite documente pentru aplicarea sa în cazul analizelor chimice [6]. Cu toate acestea, la nivelul marii majorităţi a laboratoarelor analitice conceptul este în curs de aplicare;

– este necesar să se stabilească un sistem de trasabilitate pentru toate tipurile de analize chimice cantitative;

– validarea şi asigurarea şi controlul calităţii sunt etape care trebuiesc considerate cu ocazia demonstrării trasabilităţii rezultatelor chimice.

Întrucât, prin definiţia unităţii de măsură fundamentale şi a celor derivate, entitatea chimică măsurată trebuie specificată, numărul posibilelor tipuri de măsurări chimice este foarte mare. Fie că se determină entităţi elementare sau compuşi cu structură chimică complexă, rolul diferitelor analize chimice este în continuă creştere în societatea modernă. Câteva exemple frecvent întâlnite sunt după cum urmează:

- dacă trebuie să se decidă în legătură cu eficienţa exploatării unui zăcământ, trebuie determinată fracţia masică a componentului util; o eroare de o zecime de procent poate conduce la închiderea exploatării cu toate consecinţele economice şi sociale pe care le implică;
- deteriorarea stratului de ozon, cu binecunoscutele efecte de modificare a climei şi a stării de sănătate a populaţiei, este monitorizată cu ajutorul măsurărilor chimice;
- eficienţa medicamentelor şi a drogurilor este determinată de conţinutul de substanţa activă. O eroare de analiză influenţează direct viaţa consumatorului şi costul tratamentului;
- diagnosticarea şi tratamentul bolnavilor pleacă de la analiza clinică de laborator a diferitelor fluide biologice (sânge, urină, lichid cefalorahidian etc.), care include şi realizarea etaloanelor de măsurare, definirea şi stabilirea metodelor de măsurare.

Materialele de referinţă de compoziţie şi concentraţie chimică ocupă un loc central în metrologia cantităţii de substanţă. Din această cauză problemele caracterizării, certificării şi utilizării lor în procesul analitic sunt dezbătute în cadrul tuturor organizaţiilor internaţionale şi regionale de metrologie precum şi a celor de standardizare [7].

Dinamica problematicii metrologiei în chimie

Coordonarea regională şi internaţională a măsurărilor chimice precum şi asigurarea trasabilităţii rezultatelor acestor măsurări a devenit din ce în ce mai necesară o dată ce s-a observat că rezultate chimice raportate pentru acelaşi eşantion de diferite laboratoare nu sunt comparabile între ele. De exemplu, în anul 1993, în raportul său [8], preşedintele grupei de lucru CIPM pentru metrologia în chimie arăta faptul că, deşi a fost obţinută o incertitudine de măsurare relativă de 1 % în cadrul unei intercomparări efectuate pe un set de soluţii simple de substanţe anorganice în apă (analizate prin IDMS – metodă de măsurare primară recunoscută de CCQM), un număr mic de

laboratoare participante s-au încadrat în această limită.

Dezvoltarea actuală a metrologiei în chimie a fost favorizată de parcurgerea următoarelor etape:

1971: Cea de-a 14-a Conferinţă Generală, la cererea IUPAC, IUPAP şi ISO, introduce definiţia unităţii cantităţii de substanţă.
1980: CIPM aprobă completarea definiţiei molului.
1989: Se pun bazele reţelei europene EURACHEM.
1991: Preşedintele CIPM, în Raportul celei de-a 19-a Conferinţe Generale anunţă crearea Grupei de lucru CIPM pentru metrologia în chimie şi demararea primelor comparaţii internaţionale în acest domeniu.
1993: CIPM decide crearea CCQM;
Se stabileşte Grupa de lucru CITAC;
Se creează cel de-al zecelea Comitet EUROMET pentru Cantitate de Substanţă.
1996: Prima întâlnire a CCQM. De atunci, întâlnirile CCQM au loc anual.
2000: Se creează Comitetul reunit EUROMET–EURACHEM pentru metrologia în chimie MetChem.

În prezent, infrastructura metrologică în chimie poate fi sintetic ilustrată astfel:

Trebuie subliniat faptul că în multe ţări sunt stabilite clar cerinţe explicite referitoare la trasabilitatea măsurărilor legale chimice la etaloanele naţionale. De asemenea, în cadrul reglementărilor europene se menţionează explicit condiţia comparabilităţii măsurărilor efectuate în diferite laboratoare analitice.

CCQM, alcătuit din reprezentanţi ai unor organizaţii internaţionale (ISO-REMCO, IUPAC, BIPM) şi ai unor organizaţii naţionale de metrologie cu o competenţă tehnică înaltă şi recunoscută, acţionează în direcţia dezvoltării metrologiei în chimie, în special prin:

- definirea şi introducerea terminologiei specifice (de exemplu CCQM a definit metoda de măsurare primară, materialul de referinţă primar, metodele primare din metrologia cantităţii de substanţă);
- lansarea şi realizarea de comparaţii cheie specifice analizelor anorganice şi organice şi, respectiv, a analizelor de gaze, care să fundamenteze CMC-urile ce trebuie realizate de organizaţiile de metrologie semnatare ale MRA.

Comparaţiile cheie CCQM finalizate sau în curs de finalizare sunt prezentate în tabelul 1.

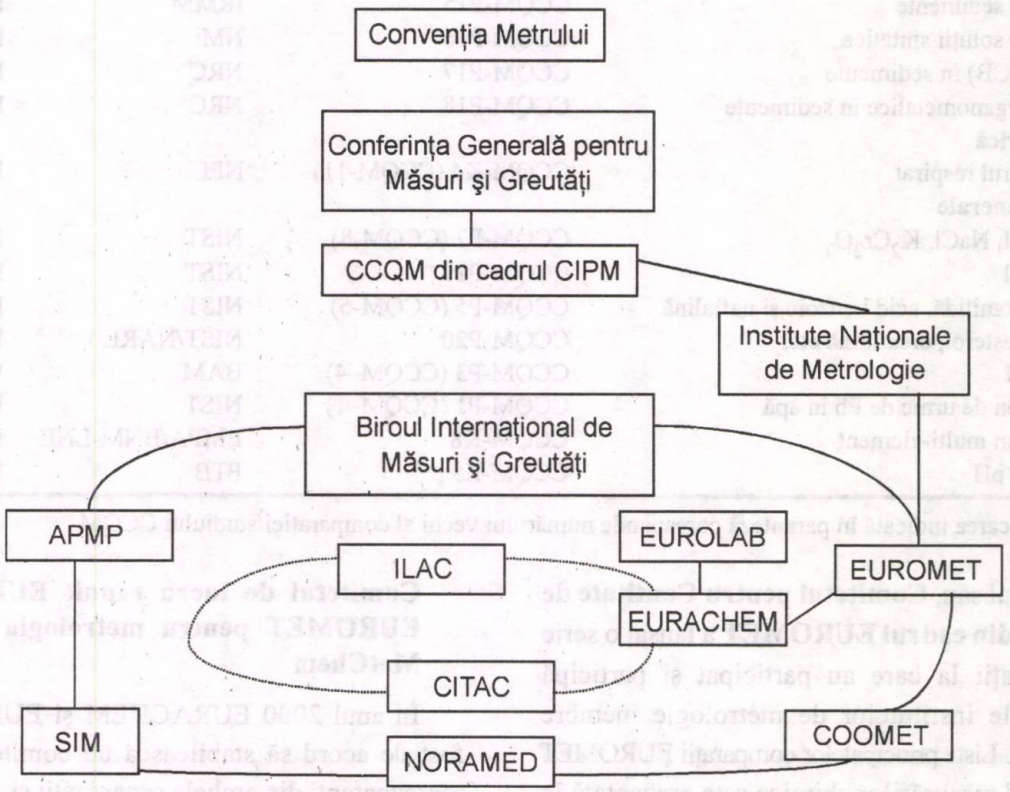


Fig. 2. Colaborarea internaţională în metrologia în chimie.

Tabelul 1

Comparaţii cheie şi studii CCQM (clasificate după domeniu de analiză)

Descrierea comparaţiei/studiului pe domenii de analiză	Codificarea	Laboratorul pilot	Anul desfăşurării
Sănătate			
Colesterol în ser	CCQM-P6 (CCQM-7)	NIST	1998
	CCQM-K6	NIST	1999
Glucoză în ser	CCQM-P8	NIST	1999
Creatinină în ser	CCQM-P9	NIST	1999
Urme de elemente în ser/urină/sânge	CCQM-P14	NIST/LGC	1999
Alimente			
Pesticide (pp'-DDE în iso-octan)	CCQM-P2 (CCQM-3)	LGC	1997
Pesticide (pp'-DDE în ulei de porumb)	CCQM-P4 (CCQM-5)	LGC	1998
Pesticide (pp'-DDE în ulei de ficat de cod)	CCQM-K5	LGC	1999
Hexaclorciclohexan şi pesticide înrudite (în ulei de ficat de cod)	CCQM-P10	LGC	1999
Arsen în peşte sau scoici	CCQM-P11	NIST	1999
Plumb în vin	CCQM-P12	NIST	1999
Metale în aliment sintetic	CCQM-P13	NIST	1999
Mediul înconjurător			
Cadmiu şi Plumb în apă naturală	CCQM-K2 (CCQM-9)	IRMM	1998
Amestec de gaze etalon (CO în N_2)	CCQM-K1a (CCQM-2)	NMi	1998
Amestec de gaze etalon (CO_2 în N_2)	CCQM-K1b (CCQM-2)	NMi	1998
Amestec de gaze etalon (NO în N_2)	CCQM-K1c (CCQM-2)	NMi	1998
Amestec de gaze etalon (SO_2 în N_2)	CCQM-K1d (CCQM-2)	NMi	1998
Amestec etalon de gaze naturale	CCQM-K1e,f,g(CCQM-2)	NMi	1998
Benzen/toluen/xilen în N_2/aer	CCQM-K3 (CCQM-10)	NMi	1999
Elemente în sedimente	CCQM-P15	IRMM	1999
Elemente în soluţii sintetice	CCQM-P16	NMi	1999
Pesticide (PCB) în sedimente	CCQM-P17	NRC	1999
Elemente organometalice în sedimente	CCQM-P18	NRC	1999
Criminalistică			
Etanol în aerul respirat	CCQM-K4 (CCQM-11)	NPL	1999
Aplicaţii generale			
Puritate KCl, NaCl, $K_2Cr_2O_7$	CCQM-P7 (CCQM-8)	NIST	1998
Puritate HCl	CCQM-P19	NIST	1999
Puritate acetanilidă, acid benzoic şi naftalină	CCQM-P5 (CCQM-6)	NIST	1998
Puritate colesterol, creatinină etc.	CCQM-P20	NIST/NARL	1999
Studii RMN	CCQM-P3 (CCQM–4)	BAM	1998
Soluţii etalon de urme de Pb în apă	CCQM-P1 (CCQM–1)	NIST	1997
Soluţii etalon multi-element	CCQM-K8	EMPA/BNM-LNE	1999
Etaloane de pH	CCQM-K9	PTB	1999

Notă: Codificarea indicată în paranteză corespunde numărului vechi al comparaţiei/studiului CCQM

La rândul său, **Comitetul pentru Cantitate de Substanţă din cadrul EUROMET** a lansat o serie de comparaţii la care au participat şi participă laboratoarele institutelor de metrologie membre EUROMET. Lista principalelor comparaţii EUROMET în domeniul măsurărilor chimice este prezentată în tabelul 2.

Comitetul de lucru reunit EURACHEM-EUROMET pentru metrologia în chimie MetChem

În anul 2000 EURACHEM şi EUROMET au fost de acord să stabilească un comitet reunit cu reprezentanţi din ambele organizaţii şi care să înlocuiască Comitetul pentru Cantitate de Substanţă

Tabelul 2

Proiecte EUROMET finalizate sau în curs de finalizare

Cod proiect	Tipul	Descrierea
332	Trasabilitate	Determinarea urmelor de elemente chimice în apă
414	Comparaţie	Compararea fotometrelor etalon de referinţa pentru ozon
485	Consultare	Etaloane şi facilităţi de etalonare pentru gaze de eşapament
500	Cooperare	Spectroscopia – potenţială metodă primară pentru măsurări de cantitate de substanţă
527	Consultare	Revizuirea termenilor incluşi în VIM
528	Comparaţie suplimentară	Metale în apă
548	Comparaţie cheie	Urme de elemente chimice în sedimente
546	Comparaţie	Urme de elemente chimice în polietilenă
563	Comparaţie	Constituenţi minori şi în urme în ser uman
565	Comparaţie	Cadmiu în orez
568	Comparaţie	Compoziţia izotopică şi conţinutul de plumb din vin
580	Comparaţie cheie	Etaloane etanol/aer
589	Comparaţie	Etaloane şi facilităţi de etalonare pentru gaze reactive

din cadrul EUROMET. Comitetul reunit, format din patru grupe de lucru (Analiza de gaze, Organică, Anorganică şi Electrochimie) şi plenul său, a fost denumit MetChem.

Scopul noului Comitet este acela de asigura un forum european pentru metrologia în chimie. Sarcinile generale şi ariile de interes comun se referă la:

- dezvoltarea, îmbunătăţirea şi aplicarea metodelor primare de măsurare şi a materialelor de referinţă primare pentru măsurările chimice;
- susţinerea şi acţionarea în direcţia dezvoltării structurilor naţionale şi internaţionale necesare măsurărilor chimice;
- asigurarea unei abordări pragmatice a trasabilităţii rezultatelor chimice precum şi a incertitudinii asociate acestor rezultate. Acolo unde este posibil să stabilească trasabilitatea directă la unităţile de măsură fundamentale ale SI;
- lansarea de comparaţii cheie regionale şi comparaţii suplimentare şi stabilirea de legături cu CCQM;
- iniţierea de proiecte de cercetare în domeniul metrologiei, care să ajute diferitele sectoare chimice;
- diseminarea experienţei acumulate în cadrul diferitelor seminarii, conferinţe, ghiduri etc.

În contextul întocmirii CMC-urilor, MetChem şi-a asumat sarcina de a participa în procesul de revizuire şi completare a lor.

Comparaţiile desfăşurate în cadrul IMEP constau în analiza inter-laboratoare a unei entităţi specificate aflate într-un eşantion reprezentând o matrice naturală şi a cărei valoare de concentraţie este certificată printr-o metodă primară de măsurare chimică. Valoarea certificată este, însă, necunoscută laboratoarelor participante la runda IMEP. Fiecare laborator (de obicei de lucru) efectuează măsurarea în condiţiile proprii, alegându-şi singuri tehnica, procedura şi mijloacele de măsurare şi, apoi, raportează rezultatul final şi incertitudinea de măsurare. Toate rezultatele obţinute sunt centralizate de echipa IMEP la sediul IRMM şi sunt reprezentate grafic pe o diagramă alături de intervalul de încredere certificat. Prin aceasta, fiecare laborator participant poate să-şi compare rezultatul obţinut, atât cu valoarea certificată, cât şi cu celelalte rezultate raportate de celelalte laboratoare participante şi poate să-şi evalueze singur propria sa performanţa [9].

Strategia europeană în domeniu

Un studiu desfăşurat în numele Comitetului de Reglementare a Etaloanelor de Măsurare şi a Programului de încercare (SMT) al Comisiei Europene în perioada mai – noiembrie 1998, a evidenţiat aspecte semnificative ale stadiului problematicii metrologie în chimie şi a propus abordarea unei strategii unitare. Concluziile acestui studiu au fost publicate [10, 11] şi constituie un util punct de plecare pentru o posibilă structurare a acestei activităţi.

În principiu strategia propusă include:

- fezabilitatea extinderii abordării metrologiei în chimie de la domeniul analizei gazelor şi al măsurării pH-ului, care au demonstrat această posibilitate, la analize complexe specifice

determinării calităţii alimentelor şi a mediului înconjurător;

- extinderea colaborării dintre laboratoarele chimice competente şi institutele naţionale de metrologie în domeniul măsurărilor analitice;
- dezvoltarea metodelor primare identificate (IDMS, gravimetrie, titrimetrie, coulometrie, scăderea punctului de congelare) precum şi de noi metode posibil primare;
- problema creării centrelor de excelenţă şi a laboratoarelor de referinţă, inclusiv stabilirea de reţele de laboratoare credibile ştiinţifice, care să asigure un suport solid într-un anumit domeniu de măsurare chimică;
- dezvoltarea măsurărilor de referinţă şi a materialelor de referinţă, care să asigure mijloacele de transferare a trasabilităţii de la laboratoarele de metrologie la cele de lucru;
- comparaţiile cheie efectuate pentru demonstrarea echivalenţei etaloanelor naţionale;
- asigurarea trasabilităţii inclusiv la nivelul măsurărilor de rutină; În acest cadru creşte tot mai mult rolul IMEP pentru evaluarea şi comparabilitatea rezultatelor chimice raportate de laboratoarele de lucru.

În contextul în care România este admisă în calitate de observator în EUROMET şi membru plin în EURACHEM, problematica metrologiei în chimie trebuie să cunoască o dezvoltare corespunzătoare pe termen scurt şi mediu.

Concluzii

Deşi activitatea susţinută în ultimul deceniu în metrologia în chimie a condus la realizarea unor progrese remarcabile pe plan mondial, ea este încă caracterizată ca fiind un domeniu în curs de dezvoltare.

Pentru atingerea obiectivului recunoaşterii reciproce a etaloanelor, măsurărilor şi a certificatelor de etalonare este necesară extinderea rezultatelor obţinute în toate ţările care au semnat MRA.

Pentru rezolvarea problemelor complexe pe care le ridică metrologia în chimie, se remarcă conjugarea eforturilor tuturor organizaţiilor europene şi internaţionale, a institutelor naţionale de metrologie precum şi a diferitelor institute de cercetare regionale sau internaţionale.

Lista abrevierilor folosite, în ordinea utilizării

CIPM Comitetului Internaţional pentru măsuri şi Greutăţi
VIM Vocabularul Internaţional de termeni fundamentali şi generali în metrologie
SI Sistemul Internaţional de unităţi
CCQM Comitetul Consultativ pentru Cantitate de Substanţă
IDMS Spectrometrie de masă cu diluţie izotopică
IUPAC Uniunea Internaţională de Chimie Pură şi Aplicată
IUPAP Uniunea Internaţională de Fizică Pură şi Aplicată
ISO Organizaţia Internaţională de Standardizare
CITAC Cooperarea Internaţională pentru Trasabilitate în Măsurările Analitice
ISO-REMCO Comitetul pentru Materiale de Referinţă din cadrul ISO
CMC Calibration and measurement capability
MRA Mutual Recognition Arangement
CCQM-P studiu CCQM
CCQM-K comparaţie cheie CCQM
NIST National Institute of Standards and Technology (Gaithersburg, SUA)
LGC Laboratory of the Government Chemist (Teddington, Marea Britanie)
IRMM Institute for Reference Materials and Measurements (Geel, Belgia)
NMi National Metrology Institute (Olanda)
NRC National Research Council of Canada (Ottawa, Canada)
NPL National Physical Laboratory (Teddington, Marea Britanie)
NARL National Analytical Reference Laboratory (Australia)
RMN Rezonanţă Magnetică Nucleară
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (Berlin, Germania)
EMPA Swiss Federal Laboratories for Material Testing and Research (Elveţia)
BNM-LNE Bureau National de Métrologie – Laboratoire National d'Essais (Paris, Franţa)
PTB Physikalish-Technische Bundesanstalt (Braunschweig, Germania)
IMEP Programul Internaţional de Evaluare a Măsurărilor

BIBLIOGRAFIE

[1] Procesul verbal al celei de-a 79-a sesiuni a CIPM, (1990), p. 13.
[2] SR 13251:1996 „Vocabularul Internaţional de termeni fundamentali şi generali în metrologie".
[3] *T. Cvitas*, Quantities describing compositions of mixtures, Metrologia, (1996), 33, p. 35-39.
[4] SR ISO 31/8:1995 „Mărimi şi unităţi. Partea 8: Chimie fizică şi fizică moleculară".
[5] SR 13434:1999 „Evaluarea şi exprimarea incertitudinii de măsurare".
[6] EURACHEM Guide 'Quantifying Measurement Uncertainty in Analytical Measurements', 2nd Ed. 2000.
[7] SR 13250-1;2;3;4;5 (1995-1997) „Materiale de Referinţă".
[8] Procesul verbal al celei de-a 82-a sesiuni a CIPM, (1993), p. 16;
[9] *M.F. Freemantle*, Metrology in chemistry, Science/ Technology (1999), 77 (22), 29-32;
[10] *King B.*, Metrology in Chemistry: Part. 1, Accred.Qual. Assur. (2000), 5:173;
[11] *King B.*, Metrology in Chemistry: Part. 2, Accred.Qual. Assur. (2000), 5:266.

CONSIDERAȚII PRIVIND CERTIFICAREA MATERIALELOR DE REFERINȚĂ FOLOSITE ÎN SPECTROFOTOMETRIA ANALITICĂ

Steluța DUȚĂ[*)]

Abstract: *The demand for certified reference materials of high quality is growing as a consequence of both the increased precision of measuring instruments and the need for increasingly accurate and reliable data in science and technology.*

The paper presents some aspects and practices regarding the certification of some types of spectrophotometric reference materials. A short review of the available reference materials is presented.

Résumé: *La demande croissante de matériaux de référence certifiés de la plus haute qualité est provoquée par l'exactitude de plus en plus élevée des instruments de mesure et par le besoin de données toujours plus exactes et certaines en science et technologie.*

L'article présente des aspects et procédés concernant la certification de quelques types des matériaux de référence spectrophotométriques et passe en revue les matériaux de référence qui sont disponibles.

Introducere

Având în vedere necesitățile naționale de etaloane în domeniul spectrofotometriei, pentru asigurarea uniformității și comparabilității rezultatelor măsurărilor din punct de vedere al mijloacelor de măsurare utilizate în procesul analitic, în acord cu preocupări similare ale altor institute de renume (NPL, PTB, LGC etc.), caracterizarea materialelor de referință ca etaloane ale mărimii pe care o realizează și conservă este o preocupare continuă a institutelor naționale de metrologie.

În general, caracterizarea substanțelor absorbante se bazează pe compararea spectrului de absorbție al materialului studiat, care nu a suferit modificări chimice cu spectrul de referință al substanței cu puritate specificată. Substanțele studiate sunt caracterizate prin valoarea absorbanței lor la lungimi de undă fixe, precum și pentru proprietatea de material specifică anumitor molecule capabile să absoarbă radiații și să prezinte benzi de absorbție la o anumită lungime de undă, proprietate numită absorbtivitate molară (coeficient molar de absorbție).

În spectrofotometria de absorbție moleculară, determinarea coeficientului molar de absorbție și/sau a absorbanței, în vederea caracterizării metrologice ca materiale de referință, care materializează aceste proprietăți, se bazează pe valabilitatea legii Lambert-Beer:

$$a_{(\lambda)} = A / (c \cdot l) \qquad (1)$$

în care:

- A absorbanța măsurată;
- $a_{(\lambda)}$ coeficientul molar de absorbție (absorbtivitate molară), L/(cm·mol);
- c concentrația probei, mol/L;
- l grosimea stratului optic absorbant, cm.

Câteva tipuri de materiale de referință de absorbtivitate molară și/sau de absorbanță [1, 2] reprezentate de eșantioane de compuși anorganici de înaltă puritate, utilizate în măsurările spectrofotometrice, sunt:

- *ftalat acid de potasiu*, utilizat ca material de referință de absorbanță pentru intervalul spectral (260 ... 280) nm;

[*)] Institutul Național de Metrologie, șos. Vitan Bârzești nr. 11, sector 4, București.

- *dicromat de potasiu,* utilizat ca material de referinţă de absorbtivitate molară şi de absorbanţă pentru intervalul spectral (235 ... 350) nm;
- *iodura de potasiu*, folosită la realizarea materialelor de referinţă pentru evaluarea procentului de lumină parazită la lungimea de undă de 220 nm;
- *sulfat cobalto-amoniacal*, utilizat la realizarea materialelor de referinţă de absorbanţă destinate verificării liniarităţii fotometrice la lungimea de undă de 512 nm;
- *săruri de cobalt, nichel, crom, cupru* etc., singulare sau în amestec, utilizate la realizarea materialelor de referinţă de absorbanţă pentru intervalul spectral (302 ... 820) nm.

În contextul preocupărilor laboratorului de Materiale de Referinţă din INM, în continuare sunt prezentate câteva consideraţii teoretice şi aspecte practice privind particularităţile unor tipuri de materiale caracterizate ca referinţă, folosite pentru verificarea scării de absorbanţă a spectrofotometrelor cu absorbţie moleculară în intervalul spectral (235 ... 350) nm şi în intervalul spectral (302 ... 721) nm.

Consideraţii privind caracterizarea materialelor de referinţă de absorbanţă pentru intervalul spectral (235 ... 350) nm

Dicromatul de potasiu este acceptat de majoritatea producătorilor de materiale de referinţă şi mijloace de măsurare spectrofotometrice ca cel mai accesibil material de referinţă de absorbanţă şi de absorbtivitate molară pentru intervalul spectral (235 ... 350) nm.

Câteva consideraţii teoretice privind compoziţia chimică şi stabilitatea soluţiei de dicromat de potasiu, aspecte care influenţează valoarea şi stabilitatea absorbanţei atribuită materialului ce se propune ca referinţă, sunt prezentate în cele ce urmează.

Spectrul de absorbţie al soluţiei de dicromat de potasiu în mediu acid prezintă două maxime de absorbţie, la 257 nm şi 350 nm, şi două minime de absorbţie, la 235 nm şi 313 nm. Compoziţia aproximativă a Cr(VI) se obţine din următorul echilibru [2]:

$$H_2CrO_4 \Leftrightarrow H^+ + HCrO_7^- \quad (2)$$

$$HCrO_4^- \Leftrightarrow H^+ + CrO_4^{2-} \quad (3)$$

$$2HCrO_4^- \Leftrightarrow Cr_2O_7^{2-} + H_2O \quad (4)$$

La pH >10, Cr(VI) există în întregime ca ioni CrO_4^{2-}, în timp ce în mediu slab acid, este predominantă specia $HCrO_4^-$ care dimerizează parţial la $Cr_2O_7^{2-}$. Spectrele de absorbţie ale ionilor $HCrO_4^-$ şi $Cr_2O_7^{2-}$, prezentate în figura 1, indică existenţa a două puncte isosbestice în jurul lungimii de undă de 320 nm şi 345 nm. Formarea ionilor de CrO_4^{2-} poate fi eliminată prin menţinerea pH-ului în intervalul (3,0 ± 0,1).

Echilibrului termodinamic al reacţiei de dimerizare îi corespunde constanta:

$$K = \frac{\left[Cr_2O_7^{2-}\right]}{\left[HCrO_4^-\right]^2} \quad (5)$$

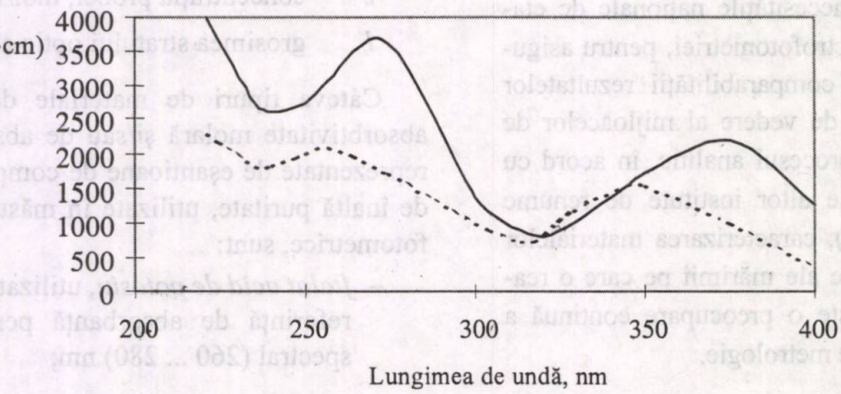


Fig. 1. Spectrul de absorbţie al ionilor $HCrO_4^-$ (·····) şi $Cr_2O_7^{2-}$ (——).

care se poate scrie, ţinând seama de fracţia de crom total în forma dicromat α, de coeficienţii de activitate medii, γ_1 şi γ_2, ai speciilor $HCrO_4^-$ şi respectiv, $Cr_2O_7^{2-}$ şi de concentraţia totală de crom c_t, astfel

$$K = \frac{\alpha}{2\,(1-\alpha)^2 \cdot c_t} \cdot \frac{\gamma_2}{\gamma_1^2} \qquad (6)$$

Ecuaţia lui Debye-Hüchel permite să se aprecieze coeficientul de activitate mediu al soluţiei unui electrolit din constantele fizice ale componentelor, pentru tării ionice mai mici de 0,01 [3]:

$$-\log \gamma = A \cdot Z^2 \cdot \sqrt{\mu} \qquad (7)$$

în care:

- A constantă dependentă de natura solventului şi de temperatură (pentru soluţiile de dicromat de potasiu în mediu de acid percloric 0,001 mol/L, valoarea lui A se aproximează cu 0,509 valabilă pentru apă ca solvent la 25 °C);
- Z sarcina ionilor din soluţie;
- μ tăria ionică a soluţiei (Lewis G. N.):

$$\mu = \frac{1}{2} \sum c_i \cdot z_i^2$$

în care:

c_i valoarea concentraţiei;

z_i valenţa ionilor din soluţie.

Ca urmare, ecuaţia (4) se utilizează sub forma:

$$\log K = \log \frac{\alpha}{2\,(1-\alpha)^2 \cdot c_t} - \frac{2A\sqrt{\mu}}{1+\sqrt{\mu}} \qquad (8)$$

Pe de altă parte, ionii $HCrO_4^-$ şi $Cr_2O_7^{2-}$ prezenţi în soluţie, care au absorbtivităţile molare $a_{1(\lambda)}$ şi, respectiv, $a_{2(\lambda)}$, dau o absorbtivitate molară aparentă a soluţiei $a_{m,\lambda}$:

$$a_{m(\lambda)} = (1-\alpha) \cdot a_{1(\lambda)} + 1/2 \cdot \alpha \cdot a_{2(\lambda)} \qquad (9)$$

sau, altfel scris:

$$a_{m(\lambda)} = \alpha(1/2 \cdot a_{2(\lambda)} - a_{1(\lambda)}) + a_{1(\lambda)} \qquad (10)$$

Dacă se cunoaşte valoarea constantei de dimerizare, şi implicit, fracţia de crom total în forma $Cr_2O_7^{2-}$, din reprezentarea dependenţei liniare exprimată prin ecuaţia (10) dintre absorbtivitatea molară aparentă şi fracţia de crom total în forma $Cr_2O_7^{2-}$, se pot determina absorbtivităţile datorate speciilor $HCrO_4^-$ şi $Cr_2O_7^{2-}$, ca fiind ordonata la origine şi, respectiv, panta acestei dependenţe. Ca urmare, menţinerea pH-ului într-un interval specificat de valori este deosebit de importantă pentru stabilirea valorii de absorbanţă / absorbtivitate a dicromatului de potasiu.

Având în vedere aspectele teoretice prezentate mai sus, pentru a obţine valori de absorbanţă, respectiv de absortivitate, exacte, repetabile şi reproductibile trebuie ca realizarea soluţiilor de referinţă de dicromat de potasiu să se efectueze în condiţii controlate referitoare, cel puţin, la pH-ul soluţiei precum şi la temperatura şi compoziţia chimică a soluţiei de dicromat de potasiu. Prepararea soluţiei de referinţă trebuie să se efectueze în conformitate cu o procedură de preparare gravimetrică, în conformitate cu operaţiile prezentate în tabelul 1. Incertitudinea datorată preparării soluţiei de concentraţie c se evaluează [4] pe baza incertitudinilor parţiale ale mărimilor de intrare din ecuaţia (11), respectiv masa dicromatului de potasiu utilizat la preparare m, conţinutul în substanţă activă y, volumul final al soluţiei V şi densitatea soluţiei finale ρ.

$$c = \frac{m \cdot y}{V \cdot \rho} \qquad (11)$$

Incertitudinea standard combinată a concentraţiei u_c ia în considerare incertitudinile standard de măsurare a masei u_m, de măsurare a conţinutului în substanţa activă u_y, de măsurare a volumului soluţiei u_V şi de măsurare a densităţii soluţiei finale u_ρ:

$$u_c^2 = \left(\frac{\partial c}{\partial m}\right)^2 \cdot u_m^2 + \left(\frac{\partial c}{\partial y}\right)^2 \cdot u_y^2 + \left(\frac{\partial c}{\partial V}\right)^2 \cdot u_V^2 + \left(\frac{\partial c}{\partial \rho}\right)^2 \cdot u_\rho^2 \qquad (12)$$

sau, exprimată ca incertitudine standard relativă combinată:

$$\left(\frac{u_c}{c}\right)^2 = \left(\frac{u_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{u_y}{y}\right)^2 + \left(\frac{u_V}{V}\right)^2 + \left(\frac{u_\rho}{\rho}\right)^2 \qquad (13)$$

În tabelul 2 sunt prezentate componentele incertitudinilor standard ale mărimilor de intrare şi inceritudinea standard relativă a concentraţiei

Tabelul 1

Prepararea soluţiilor de dicromat de potasiu

Cod MR	Substanţa de referinţă	Conţinut min. cert.*, %	Cantitate necesară	Metoda de preparare
11.01/1 ... 11.01/4	$K_2Cr_2O_7$	99,9	0,02000 g şi, respectiv, 0,04000 g 0,06000 g 0,08000 g 0,10000 g	– Se iau 8,7 cm3 soluţie de $HClO_4$ 70 % cu o pipetă de 10 cm^3 cu valoarea diviziunii de 0,1 cm^3 şi se aduc la balon cotat de 1000 cm^3, obţinându-se soluţia de 0,001 mol/l. Se omogenizează prin agitare manuală; – Se cântăresc 0,02000 g şi, respectiv, 0,04000 g, 0,06000 g, 0,08000 g, 0,10000 g de $K_2Cr_2O_7$ în câte o fiolă de cântărire cu balanţa analitică de 200 g, cu valoarea diviziunii de 0,01 mg; – Se dizolvă fiecare cantitativ în soluţie de 0,001 mol/l $HClO_4$ şi se completează cu acelaşi acid până la volumul final de 1000 cm^3, care are eroarea tolerată de 0,4 cm^3. – Se determină densitatea soluţiei astfel obţinută (ρ = 0,9983 ± 0,0002 g/cm^3) şi, ca urmare, concentraţia soluţiei este de 0,02003 g/kg şi, respectiv, 0,04007 g/kg, 0,06010 g/kg, 0,08012 g/kg şi 0,1002 g/kg.
	$HClO_4$	70,0	12 cm^3	

Notă: Conţinutul minim în substanţa iniţială este certificat de producător şi trebuie să fie înscris în documentul care îl însoţeşte.

Tabelul 2

Evaluarea incertitudinii standard relative a concentraţiei soluţiilor de dicromat de potasiu

Concentraţia, g/kg	u_m/m	u_y/y	u_V/V	u_ρ/ρ	u_c/c
0,0200	$1{,}4978 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$0{,}4 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-3}$	0,0018
0,0401	$0{,}748 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$0{,}4 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-3}$	0,0013
0,0601	$0{,}499 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$0{,}4 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-3}$	0,0012
0,0801	$0{,}374 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$0{,}4 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-3}$	0,0011
0,1002	$0{,}299 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$0{,}4 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-3}$	0,0011

pentru cinci soluţii de dicromat de potasiu, cu concentraţia cuprinsă între (0,0200...0,1000) mg/kg.

Caracterizarea soluţiei de dicromat de potasiu cu concentraţia de 0,0601 g/kg ca material de referinţă de absorbanţă pentru intervalul spectral (235...350) nm s-a efectuat pe baza măsurărilor de absorbanţă efectuate cu un spectrofotometru de absorbţie moleculară în ultraviolet şi vizibil tip SPECORD M40 în următoarele condiţii: temperatura ambiantă – (20±2)°C, fanta spectrală – 0,2 nm la λ = 200 nm şi 2 nm la λ = 500 nm, timp de integrare – 5 s, viteza de înregistrare – 120 nm/min, distanţa dintre punctele de măsurare – 0,1 nm, grosimea de strat de (10,00±0,01) mm.

Rezultatele experimentale obţinute la caracterizarea dicromatului de potasiu de concentraţie 0,0601 g/kg, propus ca material de referinţă (V_{MR}) de absorbanţă, pe baza măsurărilor efectuate faţă de valori ale materialelor de referinţă (V_{MRC}) furnizate de Analytik Jena GmbH, rezultate ce sunt în bună concordanţă cu cele publicate în Farmacopeea (română sau europeană), sunt prezentate în tabelul 3.

Cuvele utilizate s-au testat din punct de vedere al curăţirii lor şi al diferenţelor în grosime sau paralelismul feţelor optice, ele îndeplinind următoarele condiţii:

Tabelul 3

Valorile de absorbanţă ale soluţiei de dicromat de potasiu

λ, nm	Valori de referinţă V_{MRC}	$V_{MRC, măs.}$	Valori măsurate $V_{MR, măs.}$	Valori atribuite $V_{MR, atrib.}$	Incertitudinea (*P*: 95%)	Valori de referinţă (Farmacopeea europeană)
235	0,772±0,008	0,775	0,751	0,748	0,005	0,748±0,005
257	0,895±0,007	0,893	0,863	0,865	0,010	0,865±0,005
313	0,300±0,003	0,298	0,291	0,292	0,005	0,292±0,005
350	0,659±0,003	0,662	0,643	0,640	0,010	0,640±0,005

– valoarea de absorbanţă a cuvelor pline cu apă distilată măsurate faţă de aer, la lungimea de undă de 240 nm, trebuie să aibă o valoare de max. 0,093;

– perechile de cuve se selectează astfel încât diferenţa valorilor de absorbanţă între cele două cuve pline cu solvent, să nu fie mai mare de 0,01.

– diferenţa între valorile de absorbanţă determinate pe cele două feţe ale cuvei, prin rotirea ei cu 180°, nu trebuie să fie mai mare de 0,005.

Utilizarea dicromatului de potasiu ca material de referinţă de absorbanţă pentru intervalul spectral (235 ... 350) nm se face în acord cu Norma de Metrologie Legală 9-12-97: *Verificarea metrologică a spectrofotometrelor cu absorbţie moleculară în ultraviolet şi vizibil*, elaborată de colectivul de specialitate din INM.

Consideraţii privind caracterizarea materialelor de referinţă de absorbanţă pentru intervalul spectral (302 ... 721) nm

Pentru asigurarea uniformităţii măsurărilor prin metode spectrofotometrice în intervalul spectral (302 ... 721) nm, în INM s-a impus necesitatea creării unui sistem de materiale de referinţă, care cuprinde şi filtre lichide utilizate pentru verificarea scării de absorbanţă a instrumentaţiei de acest tip. Primele realizări se referă la soluţii singulare ale sărurilor de cobalt, nichel, crom, cupru etc., ce sunt utilizate ca materiale de referinţă secundare de absorbanţă. Apoi s-au studiat, realizat şi caracterizat alte filtre lichide de absorbanţă, astfel încât gama acestor etaloane s-a extins acoperind un interval de lungimi de undă larg cu valori de absorbanţă uniform distribuite şi cu o exactitate de măsurare în acord cu cerinţele NML 9-12-97, menţionată mai sus.

Materialele de referinţă lichide de absorbanţă prezentate în cele ce urmează s-au realizat din săruri de nichel şi cobalt de înaltă puritate, în proporţii echimoleculare, şi anume, clorură de cobalt $CoCl_2.6H_2O$ şi respectiv, clorură de nichel $NiCl_2.6H_2O$, în amestec de acizi anorganici [5].

Cantităţile de săruri metalice utilizate la prepararea acestor materiale de referinţă, codificate MRC cod 11.04/1 ... MRC cod 11.04/3, s-au ales astfel încât absorbanţa complecşilor cromofori să fie aproximativ egală şi uniform distribuită pe scara de absorbanţă pentru maximele de absorbţie de la lungimile de undă de 302 nm, 394 nm şi 512 nm.

Spectrele de absorbţie (figura 2) ale amestecului echimolecular de $CoCl_2.6H_2O$ şi $NiCl_2.6H_2O$ indică existenţa benzii de absorbţie de la 302 nm datorată ionului NO_3^-, iar la lungimea de undă de 512 nm banda de absorbţie este datorată aquacomplexului $Co(H_2O)_6^{2+}$. Banda de absorbţie de la 394 nm şi palierul de la (650 ... 721) nm, respectiv maximele de la 657 nm şi 721 nm se datoresc complexului hexahidrat de nichel, $Ni(H_2O)_6^{2+}$.

Lăţimile benzilor de absorbţie datorate complecşilor ionilor apoşi de Co (II) şi Ni (II) sunt relativ largi (30 ... 50) nm, iar valorile absorbtivităţilor molare aparente ale $Co(H_2O)_6^{2+}$ şi $Ni(H_2O)_6^{2+}$ în mediu de acid sulfuric şi acid azotic sunt semnificativ mai mari decât în mediu de acid percloric şi acid azotic, fapt ce se explică printr-o reacţie de complexare secundară a aquacomplecşilor cu ionii de SO_4^{2-} sau HSO_4^- prezenţi în soluţie.

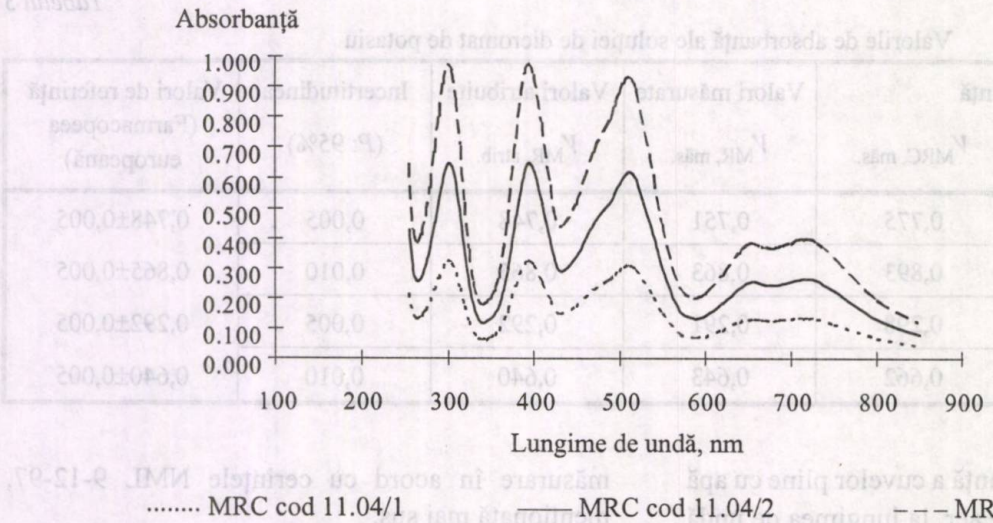


Fig. 2. Spectrul de absorbție al amestecului echimolecular $CoCl_2 . 6H_2O$ și $NiCl_2 . 6H_2O$.

Rezultatele experimentale obținute prin măsurare directă pe un spectrofotometru de absorbție moleculară în ultraviolet și vizibil tip SPECORD M40, în aceleași condiții de măsurare prezentate la caracterizarea dicromatului de potasiu, sunt prezentate în tabelul 4.

Variația valorilor de absorbanță cu temperatura, în intervalul (17 ... 37)°C este dată de relația (14) și în acord cu datele de literatură [1] are valoarea de 0,04 % A la lungimea de undă de 302,0 nm și de 0,06 % A la lungimea de undă de 512,0 nm.

$$A_t = A_{25} [1 + k (t - 25)] \qquad (14)$$

în care:

A_t valoarea absorbanței la temperatura t °C;

A_{25} valoarea absorbanței la temperatura 25°C;

k coeficient de schimbare a valorii absorbanței pe unitatea de temperatură.

De asemenea, aceste etaloane prezintă o bună stabilitate chimică, astfel că pot fi conservate cel puțin 12 luni în fiole de sticlă închise, la temperatura ambiantă de (25 ± 2)°C.

Considerații privind stabilirea valorii de concentrație a materialelor de referință

Întrucât mărimea de interes în evaluarea liniarității fotometrice a mijloacelor de măsurare spectrofotometrice este concentrația constituenților conținuți în aceste materialele de referință, stabilirea valorii concentrației se poate efectua având în vedere principiul aditivității absorbțiilor acestora, și anume, absorbția soluției cu n componenți este egală cu suma absorbțiilor la lungimile

Tabelul 4

Rezultate experimentale pentru materialele de referință lichide de absorbanță

Lungimea de undă, nm	MRC cod 11.04/1		MRC cod 11.04/2		MRC cod 11.04/3	
	Absorbanța	Incert. (P: 95%)	Absorbanța	Incert. (P: 95%)	Absorbanța	Incert. (P: 95%)
302,0	0,321	0,007	0,642	0,008	0,963	0,015
394,0	0,324	0,005	0,648	0,007	0,972	0,009
512,0	0,310	0,004	0,619	0,005	0,928	0,009
657,0	0,128	0,005	0,256	0,005	0,384	0,006
721,0	0,133	0,005	0,266	0,005	0,399	0,006

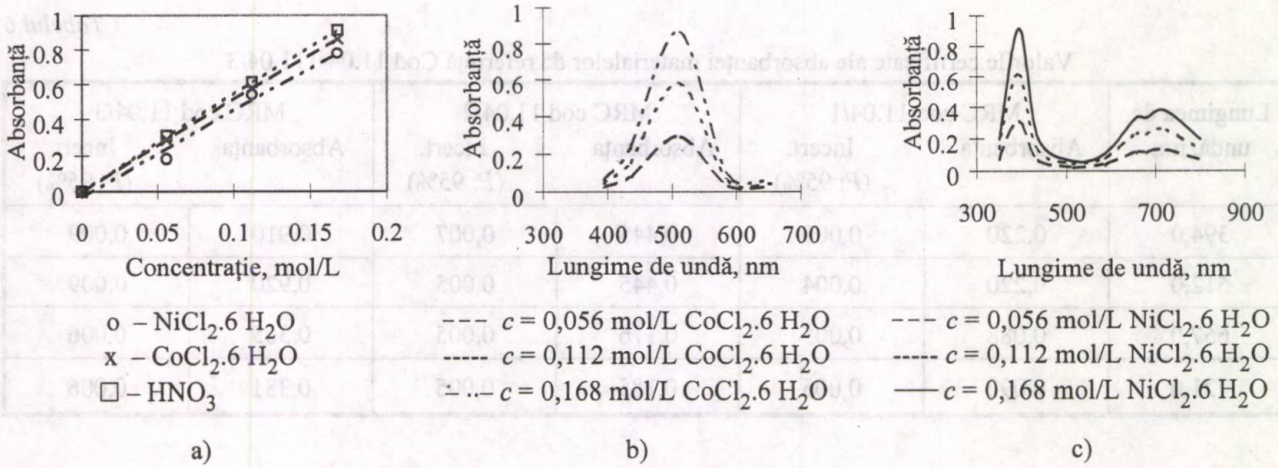


Fig. 3. Absorbtivități molare. Spectrul de absorbție al $CoCl_2.6\,H_2O$ (*b*) și $NiCl_2.6\,H_2O$ (*c*).

de undă corespunzătoare soluțiilor cu un singur component, la aceeași concentrație și grosime de strat [6]. Componenții chimici din amestec trebuie să satisfacă legea Lambert-Beer, să nu interacționeze între ei și să aibă cunoscută valoarea coeficientului molar de absorbție.

Din sistemul de ecuații determinat (15), pe baza măsurărilor spectrofotometrice efectuate, s-a evaluat concentrația componenților chimici:

$$\begin{cases} A_{302} = k_{HNO_3,302} \cdot c_{HNO_3} + k_{CoCl_2,302} \cdot c_{CoCl_2} + k_{NiCl_2,302} \cdot c_{NiCl_2} \\ A_{394} = k_{HNO_3,394} \cdot c_{HNO_3} + k_{CoCl_2,394} \cdot c_{CoCl_2} + k_{NiCl_2,394} \cdot c_{NiCl_2} \\ A_{512} = k_{HNO_3,512} \cdot c_{HNO_3} + k_{CoCl_2,512} \cdot c_{CoCl_2} + k_{NiCl_2,512} \cdot c_{NiCl_2} \end{cases} \quad (15)$$

în care: coeficienții k s-au determinat experimental din valoarea absorbanței compușilor singulari menționați ca index la lungimile de undă de 302 nm, 512 nm și 394 nm.

Valorile cele mai probabile ale absorbtivității molare pentru HNO_3, $CoCl_2.6H_2O$ și $NiCl_2.6H_2O$ determinate ca pantele dependenței liniare $A=f(c)$, prezentate în figura 3 *a* (coeficient de corelație liniară 0,9999), pe baza rezultatelor obținute pe soluții singulare de $CoCl_2.6H_2O$-$a_{(512\ nm)}$ = 5,133 L/mol.cm (figura 3 *b*) și de $NiCl_2.6H_2O$-$a_{(394\ nm)}$= 0,339 L/mol.cm (figura 3 *c*), sunt în bună concordanță cu valori de referință [1].

Rezultatele experimentale obținute pentru valorile de concentrație ale constituenților chimici conținuți în materialele de referință realizate sunt prezentate în tabelul 5.

Ca urmare a studiilor efectuate, schimbând proporția reactivilor utilizați la preparare, respectiv,

Tabelul 5

Rezultate experimentale ale concentrației pentru MRC cod 11.04

Compus chimic	Cod MRC	Concentrația, mol/L		Incertitudinea de măsurare, % (P: 95%)
		preparată	determinată	
HNO_3 (λ = 302 nm)	11.04/1	0,03 0,10 1,30	0,025 0,104 1,250	3,8 1,29 0,90
$CoCl_2.6\,H_2O$ (λ = 512 nm)	11.04/2	0,056 0,112 0,168	0,053 0,111 0,165	1,04 0,52 0,34
$NiCl_2.6\,H_2O$ (λ = 394 nm)	11.04/3	0,056 0,112 0,168	0,054 0,109 0,166	0,98 0,49 0,32

Tabelul 6

Valorile certificate ale absorbanţei materialelor de referinţă Cod 11.04/111.04/3

Lungimea de undă, nm	MRC cod 11.04/1		MRC cod 11.04/2		MRC cod 11.04/3	
	Absorbanţa	Incert. (*P*: 95%)	Absorbanţa	Incert. (*P*: 95%)	Absorbanţa	Incert. (*P*: 95%)
394,0	0,220	0,005	0,445	0,007	0,910	0,009
512,0	0,220	0,004	0,445	0,005	0,920	0,009
657,0	0,088	0,005	0,176	0,005	0,365	0,006
721,0	0,092	0,005	0,185	0,005	0,381	0,006

a clorurii de cobalt şi a clorurii de nichel, s-au realizat mai multe seturi de materiale de referinţă, s-a procedurat metoda de preparare a acestor materiale de referinţă şi s-au certificat valorile de absorbanţă prezentate în tabelul 6, valori ce sunt cuprinse în certificatele de etalonare ale acestor materiale de referinţă.

Materiale de referinţă de absorbanţă prezentate mai sus sunt utilizate de propriul laborator pentru verificarea metrologică a scării de absorbanţă a spectrofotometrelor de absorbţie moleculară în ultraviolet şi vizibil precum şi de laboratoarele de metrologie autorizate să efectueze asemenea lucrări. Se consideră important şi necesar să se efectueze intercomparări între etaloane de acest tip cu cele similare realizate de institute de metrologie din alte ţări (Slovacia, Ungaria, Polonia, Germania, Marea Britanie etc.), care au preocupări asemănătoare.

Concluzii

Aspectele teoretice privind compoziţia chimică a filtrelor lichide – materiale de referinţă – precum şi rezultatele experimentale referitoare la caracterizarea lor ca materiale de referinţă certificate pun în evidenţă particularităţile acestor etaloane, particularităţi care apar atât la prepararea, la certificarea, cât şi la utilizarea lor. Aceste particularităţi se referă la matricea probei de analizat, proprietăţile intrinseci materialului care se caracterizează ca referinţă, calitatea şi modul de utilizare a accesoriilor de măsurare, respectiv cuvele de absorbţie, particularităţi care determină o activitate susţinută a colectivului de specialitate din INM pentru realizarea şi certificarea acestor etaloane de referinţă.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Burke R.W., Deardorff E.R., Menis O.*, Liquid Absorbance Standards, Journal of Research of the National Bureau of Standards, Vol. 76 A, No. 5, Sept.-Oct., 1972, 478-485

[2] *Burke R.W., Mavrodineanu R.*, Acidic Potasium Dichromate Solution as Ultraviolet Absorbance Standards, Journal of Research of the National Bureau of Standards, Vol. 76 A, No. 5, Sept.-Oct., 1972, 631-636

[3] *Nenițescu C. D.*, Chimie generală, Editura Tehnică şi Pedagogică, Bucureşti, 1972, 432-453

[4] *Botgros C., Duţă S., Buzoianu M., Salcianu C.*, Realizarea seturilor încapsulate de materiale de referinţă utilizate în spectrofotometria analitică, Studiu de cercetare, INM, 1997

[5] *Duţă S.*, The role of certified reference materials in ensuring the quality of spectrochemical measurement – present status in Romania, Accred. Qual. Assurance, Vol. 5, No. 6/2000, 339-345

[6] *Duţă S.*, Production and certification of environmental reference materials, Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, Vol. 360, No. 3-4, 296-298, Febr., 1998

CARACTERIZAREA METROLOGICĂ A ETALONULUI SECUNDAR DE UMIDITATE A CEREALELOR

George-Victor IONESCU[*)]

Abstract: *The paper depicts the metrological characterization of the secondary standards for the humidity of cereals. The standard apparatus for measuring the humidity of cereals, its metrological characteristics and the method for estimating and expressing its measurement uncertainty are described.*

Résumé: *L'article s'occupe de la caractérisation métrologique de l'étalon secondaire pour l'humidité des céréales. On décrie l'installation étalon pour mesurer l'humidité des céréales, ses caractéristiques métrologiques et la méthode pour évaluer et exprimer sa incertitude de mesurage.*

1 Generalităţi

În mediul ambiant, apa are o prezenţă constantă, sub formă lichidă şi de vapori, acţionând cu toate materialele funcţie de natura lor şi de condiţiile de mediu.

Cunoaşterea conţinutului de apă al materialelor este necesară la întocmirea bilanţului de materiale şi energetic a fiecărei tehnologii de prelucrare fizico-chimică, eficacitatea economică a acesteia fiind direct legată de conţinutul de apă al materiilor prime şi al semifabricatelor (industria energetică, siderurgică, chimică, alimentară etc.). Prezenţa apei în cantităţi mai mari decât cele normale şi necunoaşterea exactă a conţinutului de apă atrage după sine depăşirea consumurilor de combustibil, utilizarea neraţională a utilajelor şi obţinerea unor randamente scăzute de prelucrare.

Calitatea produselor finite este, de asemenea, legată de conţinutul de apă. În majoritatea tehnologiilor de prelucrare materială, ultimele faze cuprind condiţionarea produsului finit, adică ajustarea conţinutului de apă între anumite limite, stabilit funcţie de natura materialului respectiv, condiţiile de păstrare şi conservare etc. (cereale, tutun, textile, fructe şi legume deshidratate etc.).

Recepţia cantitativă a materialelor solide se face funcţie de conţinutul de apă, iar în cazul seminţelor agricole umiditatea este şi un parametru calitativ. Calculul mijloacelor de transport se face şi funcţie de conţinutul de umiditate.

În cazul lemnului situaţia este deosebită: recepţia se face volumetric, conţinutul de apă neprezentând importanţă decât la transport, dar are influenţă directă şi deosebită asupra calităţii semifabricatelor şi produselor finite. Lipsa unei informaţii exacte asupra conţinutului real de apă poate atrage deprecierea calitativă a materialelor respective, uneori nerecuperabile.

Interacţiunea dintre materialul solid (suport) şi apă – lichidă sau sub formă de vapori – este foarte variată, îndeosebi la materialul organic solid (seminţe agricole, lemn, hârtie etc.) unde structura şi compoziţia este diferită, funcţie de soiul respectiv, de condiţiile climatice, de locul de creştere al plantei etc. Aceasta poate depinde şi de prelucrarea materialului respectiv (fibre naturale şi artificiale).

2 Etalonul secundar de umiditate a cerealelor

În INM, în cadrul laboratorului Mărimi fizico-chimice, în domeniul umidimetriei cerealelor se aplică, cu bune rezultate, metoda etalon a uscării în etuvă [1], asociată cu instalaţia etalon secundar de determinare a umidităţii.

Instalaţia etalon secundar de umiditate este constituită din:

- balanţă etalon secundar de ordinul III, $L_{max.} = 100$ g; $L_{min.} = 5$ mg; $d = 0{,}1$ mg;
- greutăţi etalon de clasa E 2 (mase etalon secundar de ordinul III), serie 100 g...1 g din alamă

*) Institutul Naţional de Metrologie, şos. Vitan Bârzeşti nr. 11, sector 4, Bucureşti.

nichelată şi 500 mg...1 mg (500 mg...10 mg din alpaca şi 5 mg...1 mg din aluminiu);
- etuvă electrică termoreglabilă cu circulaţie naturală de aer, cu termometru din sticlă cu mercur, domeniul de măsurare (0...150) °C, d = 1 °C;
- termometru din sticlă cu mercur, domeniul de măsurare (0...40) °C, d = 1 °C;
- termohigrograf, domeniul de măsurare (0... 100) % şi (–30...+40) °C, eroare ± 5 % şi ± 2 °C;
- moară (râşniţă) electrică, viteza de măcinare 0,2 g/s;
- cutii de cântărire din aluminiu cu capac etanş, cu diametrul ∅ = (78 ± 1) mm şi înălţimea h = (25 ± 1) mm;
- exicator cu placă metalică, care conţine ca agent deshidratant P_2O_5 (pentoxid de fosfor).

Repetabilitatea metodei etalon a uscării în etuvă aplicată în INM cu instalaţia etalon secundar de umiditate este de maxim 0,1 %, iar incertitudinea extinsă, U, de determinare a umidităţii prin această metodă este cuprinsă în intervalul (0,10...0,15) %, pentru nivelul de încredere de 95 %.

Instalaţia etalon primar cu incertitudinea extinsă U = (0,05...0,08) % este, de fapt, un etalon primar internaţional, care este deţinut de ICC – Franţa.

Etalonul secundar al INM, care constă din instalaţia etalon secundar descrisă mai sus asociată cu metoda etalon, este caracterizat printr-o incertitudine extinsă U de (0,10...0,15) %. Nu s-au efectuat comparări ale etalonului INM cu etalonul existent în Franţa. Confirmarea rezultatelor obţinute în atribuirea de valori etaloanelor de umiditate ale INM a rezultat din lucrări de cercetare ştiinţifică şi de încercare a unor modele de umidimetre performante din lume cu trasabilitate a rezultatelor măsurărilor la etaloanele ICC din Franţa.

Transmiterea unităţii de umiditate de la un etalon la alt etalon de ordin de exactitate inferior se face prin metoda comparării directe, folosindu-se aceleaşi probe de cereale.

3 Caracteristicile instalaţiei etalon secundar de determinare a umidităţii cerealelor

Caracteristicile metrologice ale instalaţiei etalon secundar de determinare a umidităţii cerealelor sunt următoarele:
- domeniul de măsurare a umidităţii: (5,0...45,0) %;
- repetabilitatea: maxim 0,1 %;
- incertitudinea extinsă: U = (0,10...0,15) %, pentru k = 2.

3.1 *Rezultate obţinute cu instalaţia etalon secundar de umiditate*

S-a determinat umiditatea principalelor specii de cereale: grâu, orz, ovăz, secară, porumb, floarea-soarelui şi soia, în 3 puncte din domeniul de măsurare [2].

S-au folosit 5 cutii de cântărire pentru fiecare punct din domeniul de măsurare a umidităţii.

S-a calculat repetabilitatea rezultatelor măsurărilor [3] ca abatere standard experimentală a mediei aritmetice ($\bar{x}$), cu formula:

$$s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \qquad (1)$$

unde x_i este rezultatul celei de-a i-a măsurări, iar $\bar{x}$ este media aritmetică a celor n rezultate considerate.

Rezultatele obţinute sunt prezentate în tabelul 1.

Pe baza datelor experimentale obţinute, prezentate în tabelul 1, a rezultat că repetabilitatea metodei etalon a uscării în etuvă aplicată la cereale, cu instalaţia etalon secundar de umiditate a INM este cuprinsă în intervalul (0,01...0,05) %. Aceste valori nu diferă semnificativ.

3.2 *Evaluarea şi exprimarea incertitudinii de măsurare cu instalaţia etalon secundar de umiditate*

Pentru evaluarea incertitudinii de măsurare [4] se parcurg etapele următoare:

a) Modelarea măsurării

Relaţia funcţională dintre măsurandul $Y \equiv U$ şi mărimile de intrare X_i (i =1, 2, ..., 5), care sunt mărimi necorelate este:

$$Y \equiv U = f(X_1, X_2, ..., X_5) = f(t_c, m_p, g_p, T_u, t_u) \qquad (2)$$

unde:

$t_c \equiv X_1$ durata de cântărire a probelor de cereale;
$m_p \equiv X_2$ masa probelor iniţiale în funcţie de conţinutul de umiditate;
$g_p \equiv X_3$ granulaţia probelor după măcinare;
$T_u \equiv X_4$ temperatura de uscare a probelor de cereale;
$t_u \equiv X_5$ durata de uscare a probelor de cereale.

Tabelul 1

%

Nr. crt.	Specie de cereale	x_i	$\bar{x}$	$s(\bar{x})$
1	Grâu	11,31; 11,42; 11,33; 11,30; 11,41	11,35	0,03
		15,92; 16,05; 16,02; 15,91; 16,03	16,00	0,03
		26,72; 26,81; 26,70; 26,80; 26,69	26,74	0,03
2	Orz	13,05; 13,01; 12,87; 12,96; 12,89	12,96	0,03
		16,84; 16,68; 16,71; 16,73; 16,69	16,73	0,03
		23,42; 23,51; 23,43; 23,40; 23,53	23,46	0,03
3	Ovăz	12,85; 12,91; 12,82; 12,86; 12,90	12,87	0,02
		17,33; 17,26; 17,21; 17,18; 17,16	17,23	0,03
		24,05; 23,94; 23,86; 23,92; 23,88	23,93	0,03
4	Secară	13,84; 13,91; 13,94; 13,79; 13,76	13,85	0,03
		19,22; 19,18; 19,19; 19,08; 19,24	19,18	0,03
		25,55; 25,63; 25,58; 25,49; 25,61	25,57	0,03
5	Porumb	12,08; 12,11; 12,04; 12,13; 12,06	12,08	0,02
		23,64; 23,72; 23,70; 23,68; 23,62	23,67	0,02
		32,34; 32,29; 32,18; 32,09; 32,17	32,21	0,05
6	Floarea-soarelui	6,92; 6,88; 6,90; 6,86; 6,85	6,88	0,01
		14,96; 15,01; 15,04; 15,11; 15,09	15,04	0,03
		22,25; 22,32; 22,30; 22,19; 22,19	22,25	0,03
7	Soia	7,76; 7,68; 7,72; 7,66; 7,74	7,71	0,02
		16,84; 16,82; 16,79; 16,81; 16,68	16,79	0,03
		19,11; 19,24; 19,16; 19,09; 19,25	19,17	0,03

unde:

x_i: valorile umidităţii obţinute prin metoda etalon a uscării în etuvă, %;

$\bar{x}$: valoarea medie obţinută prin aceeaşi metodă, % (media aritmetică a rezultatelor a 5 determinări);

$s(\bar{x})$: repetabilitatea, %, calculată cu formula (1).

Tabelul 2

Estimaţia de intrare x_i	t_c	m_p	g_p	T_u	t_u
Valoarea x_i	50 s	5,1002 g	2 mm	131 °C	4 h

Se poate considera, având în vedere caracterul influenţei varianţelor datorate variabilităţii mărimilor de intrare X_i asupra varianţei variabilităţii mărimii de ieşire, că varianţa mărimii de ieşire este o sumă a varianţelor variabilităţii mărimilor de intrare.

b) Determinarea estimaţiilor de intrare x_i, respectiv a valorilor mărimilor de intrare X_i

Mărimile de intrare au valorile din tabelul 2.

Aceste valori reprezintă date experimentale.

c) Evaluarea incertitudinilor standard $u(x_i)$ ale estimaţiilor de intrare x_i

c.1 Evaluarea de tip A a incertitudinii standard

Incertitudinea standard de tip A se calculează conform relaţiei:

$$s(\bar{x}) = \sqrt{s^2(\bar{x})} \tag{3}$$

unde

$$s^2(\bar{x}) = \frac{s^2(x_k)}{n} \tag{4}$$

şi

$$s^2(x_k) = \frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n}(x_k - \bar{x})^2 \tag{5}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k \qquad (6)$$

Varianţa experimentală a mediei aritmetice $s^2(\bar{x})$ şi abaterea standard experimentală a mediei, $s(\bar{x})$, egală cu rădăcina pătrată a lui $s^2(\bar{x}_k)$, exprimă cantitativ cât de bine estimează $\bar{x}$ media teoretică a lui x şi sunt, oricare din ele, folosibile drept măsură a incertitudinii lui $\bar{x}$.

Înlocuind datele experimentale în relaţiile 3, 4, 5, 6 se obţin valorile, în %, din tabelul 3.

c.2 Evaluarea de tip B a incertitudinii standard

Sursele incertitudinilor standard de tip B sunt:

– incertitudinea $u_{(tc)}$ datorată influenţei variaţiei duratei de cântărire a probelor de cereale evaluată ca o incertitudine de tip B, pentru o distribuţie dreptunghiulară:

$$u_{(tc)} = 0{,}03\ \%;$$

– incertitudinea $u_{(mp)}$ datorată influenţei variaţiei masei probelor iniţiale în funcţie de conţinutul de umiditate evaluată ca o incertitudine de tip B, pentru o distribuţie dreptunghiulară:

$$u_{(mp)} = 0{,}02\ \%;$$

– incertitudinea $u_{(gp)}$ datorată influenţei variaţiei granulaţiei probelor după măcinare evaluată ca o incertitudine de tip B, pentru o distribuţie dreptunghiulară:

$$u_{(gp)} = 0{,}02\ \%;$$

– incertitudinea $u_{(Tu)}$ datorată influenţei variaţiei temperaturii de uscare a probelor de cereale evaluată ca o incertitudine de tip B, pentru o distribuţie dreptunghiulară:

$$u_{(Tu)} = 0{,}02\ \%;$$

– incertitudinea $u_{(tu)}$ datorată influenţei variaţiei duratei de uscare a probelor de cereale evaluată ca o incertitudine de tip B, pentru o distribuţie dreptunghiulară:

$$u_{(tu)} = 0{,}01\ \%.$$

Tabelul 3

%

Nr. crt.	Specie de cereale	$\bar{x}$	$s^2(x_k)$	$s^2(\bar{x})$
1	Grâu	11,35 16,00 26,74	0,0033 0,0046 0,0033	0,0007 0,0009 0,0007
2	Orz	12,96 16,73 23,46	0,0059 0,0042 0,0034	0,0012 0,0008 0,0007
3	Ovăz	12,87 17,23 23,93	0,0014 0,0047 0,0055	0,0003 0,0009 0,0011
4	Secară	13,85 19,18 25,57	0,0059 0,0038 0,0030	0,0012 0,0008 0,0006
5	Porumb	12,08 23,67 32,21	0,0014 0,0017 0,0100	0,0003 0,0003 0,0020
6	Floarea-soarelui	6,88 15,04 22,25	0,0008 0,0037 0,0037	0,0002 0,0007 0,0007
7	Soia	7,71 16,79 19,17	0,0017 0,0040 0,0054	0,0003 0,0008 0,0011

Compunerea acestor incertitudini standard se efectuează conform relației:

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1}^{5} u^2(x_i)} \qquad (7)$$

unde $u^2(x_i)$ sunt variațele contributorii la varianța umidității.

Prin înlocuirea valorilor rezultate, în relația (7) se obține pentru incertitudinea standard de tip B valoarea:

$$u_B = 0{,}05\ \%$$

d) Evaluarea incertitudinii standard compuse

Luarea în considerare a tuturor variațelor contributorii ale U se face conform relației:

$$u_c^2(U) = \sum_{i=1}^{6} u^2(x_i) \qquad (8)$$

unde $u(x_i)$ sunt incertitudinile standard evaluate prin metodele de evaluare de tip A și de tip B.

Prin înlocuirea valorilor obținute, în relația (8) se obține:

$$\sum u_c^2(U) = 0{,}0047\ \%$$

și

$$u_c(U) = 0{,}07\ \%$$

Bilanțul componentelor incertitudinii standard compuse este prezentat în tabelul 4.

e) Evaluarea incertitudinii extinse

Se folosește relația:

$$U = k\, u_c(U) \qquad (9)$$

unde k este un factor de extindere care are valori în domeniul de la 2 până la 3.

Înlocuind în relația (9) valoarea lui $u_c(U)$ și adoptând pentru k valoarea $k = 2$, așa cum se recomandă în GUM [4], corespunzătoare nivelului de încredere p, de 95 %, se obține pentru $U(U)$ valoarea:

$$U(U) = 0{,}14\ \%$$

f) Evaluarea incertitudinii extinse relative, $U/|U|$, unde $|U| \neq 0$

Valorile incertitudinii extinse relative obținute sunt prezentate în tabelul 5.

Din datele obținute, prezentate în tabelul 5, rezultă că, valorile incertitudinii extinse relative sunt cuprinse în intervalul (0,4...2,0) %.

4 Concluzii

Instalația de determinare a umidității cerealelor satisface cerințele ce se impun pentru utilizarea sa ca etalon secundar în domeniul umidimetriei cerealelor.

Repetabilitatea metodei etalon a uscării în etuvă aplicată cu instalația etalon secundar de umiditate a INM este cuprinsă în intervalul (0,01...0,05) %.

Tabelul 4

Bilanțul componentelor incertitudinii standard compuse

Componenta incertitudinii standard $u(x_i)$	Sursa de incertitudini	Valoarea incertitudinii standard $u(x_i)$, (%)	$u_i(U) \equiv u(x_i)$, (%)
u_A	Șirul de măsurări	0,05	0,05
$u_{(tc)}$	Timpul de cântărire a probelor de cereale	0,03	0,03
$u_{(mp)}$	Masa probelor inițiale de cereale	0,02	0,02
$u_{(gp)}$	Granulația probelor de cereale	0,02	0,02
$u_{(Tu)}$	Temperatura de uscare a probelor de cereale	0,02	0,02
$u_{(tu)}$	Timpul de uscare a probelor de cereale	0,01	0,01

$$u_c^2(U) = \sum_{i=1}^{6} u_i^2(U) = 0{,}0047\ \%$$

$$u_c = 0{,}069\ \% \approx 0{,}07\ \%$$

Tabelul 5

Nr. crt.	Specie de cereale	$\overline{x}$, %	$U/\|U\|$, %
1	Grâu	11,35	1,2
		16,00	0,9
		26,74	0,5
2	Orz	12,96	1,1
		16,73	0,8
		23,46	0,6
3	Ovăz	12,87	1,1
		17,23	0,8
		23,93	0,6
4	Secară	13,85	1,0
		19,18	0,7
		25,57	0,6
5	Porumb	12,08	1,2
		23,67	0,6
		32,21	0,4
6	Floarea-soarelui	6,88	2,0
		15,04	0,9
		22,25	0,6
7	Soia	7,71	1,8
		16,79	0,8
		19,17	0,7

Atribuirea valorilor umidităţii cerealelor reproduse cu acest etalon se face cu o incertitudine extinsă $U(U) = 0{,}14$ %, pentru nivelul de încredere de 95 %, ceea ce corespunde cerinţelor din ţară şi este în concordanţă cu caracteristicile etaloanelor similare din străinătate.

Etalonul secundar al INM, care constă din instalaţia etalon secundar descrisă, asociată cu metoda etalon a uscării în etuvă, este caracterizat printr-o incertitudine extinsă relativă, $U/|U|$, cuprinsă în intervalul (0,4...2,0) %.

Evaluarea incertitudinilor s-a făcut în conformitate cu SR 13 434-1999 [5], varianta în limba română a GUM.

Se impune, totuşi, cu necesitate, pentru integrarea INM în circuitul mondial al comparărilor de etaloane de umiditate a cerealelor, ca în anii următori să se participe la comparări şi intercomparări de etaloane de umiditate organizate de laboratoare acreditate internaţionale, cum sunt laboratoarele PTB (Germania), Bipea (Franţa) ş.a.

Este necesar ca lucrările de urmărire a comportării etalonului în timp să se efectueze, după aceea, în mod sistematic, eventualele derive ale caracteristicilor metrologice ale acestora putându-se evalua cu o incertitudine care să nu influenţeze semnificativ valorile ce se atribuie etalonului secundar de umiditate al INM şi, implicit, etaloanelor ce se certifică cu acesta.

BIBLIOGRAFIE

[1] RI N° 59-1984 a O.I.M.L.: "Humidimètres pour grains de céréales et graines oléagineuses";
[2] NML 9-08-96: "Umidimetre pentru grăunţe de cereale şi seminţe oleaginoase";
[3] VIM: "International vocabulary of basic and general terms in metrology", 1993;
[4] GUM: "Guide to the expression of uncertainty in measurement", First edition, printed by ISO in 1993 (corrected and reprinted in 1995);
[5] SR 13 434-1999: "Ghid pentru evaluarea şi exprimarea incertitudinii de măsurare";
[6] ISO 31-8:1992: "Quantities and units – Part 8: Physical chemistry and molecular physics".

LIMITE DE DETECȚIE ÎN ANALIZA INSTRUMENTALĂ

Ioan CÎRNEANU[*)]
Victoriţa PĂUN[*)]

Abstract: *The paper gives a general review of the methods for instrumental analysis indicating the sensitivity limits for each analytical method. Data from specialized literature have been taken into account, pointing out the fact that the sensitivity limits progress with the improvement of working techniques and technology in the particular field of measuring instruments.*

Résumé: *L'article offre une présentation générale des méthodes d'analyse instrumentale en indiquant les limites de sensibilité pour chaque méthode. On a utilisé des données de la litérature spécialisée en précisant le fait que les limites de sensibilité progressent avec le perfectionnement des techniques de travail et de la technologie dans le domaine particulière des instruments de mesure.*

1 Introducere

Analiza de urme comportă, în general, trei categorii de probleme:

a) Determinarea conţinutului unuia sau mai multor componenţi în urme dintr-un material; problema aparţine macroanalizei de urme.

b) Determinarea locală a conţinutului unuia sau mai multor componenţi dintr-un material sau determinarea gradientului conţinutului după o anumită direcţie în materialul respectiv; problema aparţine microanalizei de urme.

c) Analiza suprafeţelor şi straturilor subţiri.

G. Tolg [2, 3] dă o reprezentare de ansamblu asupra limitelor de utilizare a metodelor de analiză a urmelor (fig.1).

METODA	Domeniu de măsurare, g								
	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}	10^{-15}	10^{-16}	
Analiză gravimetrică	■								
Analiză volumetrică	■	■							
Reacţii de culoare în soluţie	▒	■	■						
Reacţii de fluorescenţă	▒	▒	■						
Absorbţie sau fluorescenţă (în flacără)	▒	▒	▒	■					
Absorbţie sau fluorescenţă atomică (fără flacără)	▒	▒	▒	▒	■	■			
Cromatografie de gaze a chelaţilor	▒	▒	▒	■	■				
Fluorescenţă –X cu cristale curbe	■								
Tehnici radioizotopice	▒	▒	▒	▒	▒	▒	▒	■	■
Spectroscopie de masă	▒	▒	▒	▒	■	■	■		

■ cazuri individuale
▒ pentru un număr mare de elemente

Fig. 1

[*)] Institutul Naţional de Metrologie, şos. Vitan Bârzeşti nr. 11, sector 4, Bucureşti.

Se presupune că aceste limite nu trebuiesc înţelese în mod rigid. Aceste limite de utilizare se modifică mult pentru aceeaşi categorie de metode de la o variantă de rezolvare tehnică a analizei la alta, de la un component de analizat la altul, iar pe de altă parte, chimia analitică a urmelor este într-un progres permanent, care duce la modificarea continuă a configuraţiei acestor reprezentări.

Pentru rezolvarea problemelor analitice, care aparţin ultimelor două categorii, s-au elaborat tehnici de lucru speciale; astfel, pentru analiza locală a unui material s-au pus la punct tehnici, cum ar fi microanaliza spectroscopică cu fascicul laser şi microanaliza cu fascicul de electroni sau ioni.

Se prezintă, în continuare, câteva referiri în legătură cu capacitatea de detecţie şi particularităţile, pe care le ridică evaluarea limitei de detecţie pentru cazurile câtorva metode mai frecvent utilizate în analiza de urme.

2 Metode spectrale de analiză

Sub denumirea de metode spectrale sunt cuprinse un număr mare de metode de analiză, care se bazează pe extragerea informaţiei analitice din spectrele eşantioanelor de material de cercetat. Majoritatea metodelor spectrale se pot clasifica în următoarele categorii distincte:

1) Metode spectrale de emisie
2) Metode spectrale de luminiscenţă
3) Metode spectrale de absorbţie
4) Alte metode spectrale

Este demn de remarcat faptul că majoritatea studiilor, care tratează problema limitei de detecţie a urmelor, se referă la metodele spectrale. Explicaţia se găseşte în faptul că aceste metode prezintă cea mai mare utilizare în analiza de urme.

2.1 *Metode spectrale de emisie*

În categoria metodelor spectrale de emisie sunt încadrate, de obicei, metodele de emisie atomică în arc şi scânteie, metodele de emisie atomică în flacără, metodele de emisie atomică cu laser şi metodele de emisie moleculară.

Un sistem analitic de măsurare bazat pe metoda spectrală de emisie cuprinde:

- sursa de excitare în care se introduce eşantionul de analizat;
- partea optică cu rol de colectare şi descompunere a radiaţiei;
- partea de înregistrare şi măsurare a spectrului.

2.2 *Metode spectrale de luminiscenţă*

În cazul metodelor spectrale de luminiscenţă, excitarea speciilor atomice sau moleculare se face cu ajutorul unei radiaţii, al unui flux de electroni sau ioni. Din această categorie de metode fac parte:

- spectroscopia atomică de fluorescenţă a razelor X;
- spectroscopia de fluorescenţă atomică în flacără;
- spectroscopia de fluorescenţă moleculară;
- microanaliza cu fascicul de electroni sau ioni;
- spectroscopia de electroni Auger;
- spectroscopia fotoelectronică de raze X.

Pentru a da o privire de ansamblu asupra valorilor pe care le are limita de detecţie în spectroscopia de fluorescenţă atomică în flacără, comparativ cu celelalte metode spectrale care utilizează flacăra (emisia şi absorbţia atomică), se prezintă, după Fraser şi Winefordner [4], tabelul 1, unde sunt trecute valori ale limitei de detecţie pentru trei variante ale fluorescenţei atomice: fluorescenţa atomică cu sursă de excitare laser (FA-laser); fluorescenţa atomică cu sursă de excitare linie spectrală (FAL); fluorescenţa atomică cu sursă de excitare continuă (FAC); Comparativ, sunt prezentate limitele de detecţie pentru emisia atomică în flacără (EA) şi absorbţia atomică în flacără cu linie spectrală (AAL).

În tabelul 2 se prezintă, după Omenetto şi colab. [5], valori ale limitei de detecţie a pamânturilor rare pentru absorbţia atomică (AA), emisia atomică (EA), fluorescenţa atomică (FA) şi fluorescenţa ionică (FI), cu sursă de excitare laser.

2.3 *Metode spectrale de absorbţie*

Aceste metode se bazează pe absorbţia unei radiaţii la trecerea printr-o probă de material. În funcţie de natura speciei absorbante distingem:

- spectroscopia de absorbţie moleculară sau ionică;
- spectroscopia de absorbţie atomică.

Pentru a ilustra comparativ valorile limitei de detecţie pentru emisia atomică în flacără cu limita de detecţie pentru absorbţia atomică în flacără se prezintă tabelul 3.

Tabelul 1

Elementul chimic	Limita de detecție, g/ml				
	FA-laser	FAL	FAC	EA	AAL
Al	0,03	0,1	–	0,005	0,04
Ca	0,01	0,02	0,1	0,0001	0,0005
Cr	0,03	0,05	10,0	0,005	0,005
Fe	0,3	0,008	1,0	0,05	0,005
Ga	0,3	0,01	5,0	0,01	0,07
In	0,01	0,1	2,0	0,005	0,05
Mn	0,3	0,006	–	0,005	0,002
Sr	0,03	0,03	–	0,0002	0,004
Ti	0,1	–	–	0,02	0,1

Tabelul 2

Elementul chimic	Limita de detecție, g/ml			
	AA	EA	FA	FI
Ce	> 500	10	> 500	0,5
Dy	0,2	0,05	0,6	0,3
Er	0,1	0,04	0,5	2,5
Eu	0,04	0,0005	0,02	0,2
Gd	4	2	5	0,8
Ho	0,1	0,02	0,15	> 500
La	3	1	3	–
Nd	2	0,2	2	4
Pr	4	0,07	10	1
Sm	0,6	0,2	0,6	0,15
Tb	2	0,4	1,15	0,5
Tm	0,04	0,02	0,1	5,0
Yb	0,02	0,002	0,01	0,03

Pe lângă metodele spectrale menționate, în analiza de urme se mai utilizează:

- spectroscopia de masă;
- spectroscopia de rezonanță magnetică de spin (RES).

2.3.1 Spectroscopia de masă

În cazul metodelor spectroscopiei de masă se studiază speciile ionice din eșantionul analizat în funcție de raportul masă/sarcină ionică (masa specifică), această dependență purtând numele de spectru de masă.

Un sistem analitic de măsurare alcătuit pe principiul spectroscopiei de masă constă dintr-o sursă de ioni, în care se introduce eșantionul de analizat, sistemul electrostatic de accelerare și colimare al ionilor, sistemul magnetostatic de descompunere a fasciculului de ioni în funcție de masa specifică și sistemul de detecție și măsurare a spectrului de masă ionică.

Tabelul 3

Varianta analitică	Domeniul pentru limita de detecție, ppm							
	10^{-5}–10^{-4}	10^{-4}–10^{-3}	10^{-3}–10^{-2}	10^{-2}–10^{-1}	10^{-1}–10^{0}	10^{0}–10^{1}	10^{1}–10^{2}	10^{2}–10^{3}
Emisie atomică (32)	K Li	Ca;Eu; Na;Sr;	Ag;Ba;Cr; In;Mm;Pb; Yb	Al;B;Co; Cu;Dy;Er; Fe;Ga;Gd; La;Mg;Ni; Pd;Pr;Rh; Tb;Tl;Tm;Y	Cd;Cs;Ge; Ho;Ir;Mo; Nd;Pb;Ru; Sb;Sc;Sm; Sn;Ti;V; W	Au;Be;Lu; Nb;Os;Pt; Si;Ta;Te; U;Zr	As;Ce;Hf; Hg;Th;Zn	Bi Se
Emisie atomică (19-23)	Li	Ca;Eu; Sr;In; Mg;Mn	Al;Ba; Cr;Yb;	Ag;Co;Cu; Dy;Er;Fe; Ga;Ho;Ni; Pd;Rh;Tb; Ru;Tm;Y; Sc;V	Au;Re; Ge;Te; Mo;Nd; Pb;Sm; Sn;Ti;W	Cd;Gd; La;Lu; Nd;Pr; Pt;Ta; Zr	Ce	
Absorbție atomică (32)		Mn Na	Ag;Be;Ca; Cd;Co;Cr; Cu;Fe;Li; Mg;Ni;Rb; Sr;Zn	As;Au;Ba; Bi;Cs;Eu; Ga;In;Mo; Pb;Pd;PT; Rh;Ru;Sb; Sn;Te;Tl; Tm;V;Yb	Al;Dy; Eu;Ge; Hg;Ho; Os;Re; Sc;Se; Sm;Ti;Y	B;Gd; Ir;La; Lu;Nb; Nd;Pr; Ta;Tb; W;Zr	Hf U	
Absorbție atomică (78)		Mn;Ca; Na	Cr;Cu; Mn;Ag; Sr;Zn;	Be;Cs;Co; Au;Fe;Pb; Li;Mo;Ni; K;Si;Ti;Y	Al;Ba;Eu; Ga;Ge;In; Pd;Pt;Rh; Sc;Te;Tl	Sb;As;Bi; B;Nd;Re; Ta;Sn;W; Se	Ce;La; Nb;U; Zr	

Din punct de vedere al mecanismului de producere a ionilor distingem :

- ionizare electronică;
- ionizare în câmp;
- fotoionizare;
- ionizare chimică.

Pentru detectarea ionilor din spectrul de masă se foloseşte fie placa fotografică (spectrografia de masă), fie detectori electronici de tipul multiplicatorilor de ioni (spectrometria de masă).

Detecţia electrică a ionilor din spectrul de masă are avantajul că dă posibilitatea de realizare a unui grad înalt de automatizare, în vederea extragerii informaţiei. Astfel, prin legarea directă la spectrometrul de masă al unui calcaulator, rezultatele măsurării pot fi rapid prelucrate şi informaţia să fie prezentată centralizat.

Ca sursă de ioni se foloseşte de multe ori scânteia electrică. În acest caz, în vacuum, între doi electrozi confecţionaţi din materialul de analizat se produce o scâteie şi ionii rezultaţi sunt accelerați, colimaţi, descompuşi în spectrul de masă şi apoi măsuraţi. În spectrometria de masă cu sursa de ionizare scâteia, limita de detecţie are aproape acelaşi ordin de mărime pentru toate speciile atomice şi este, în general, de ordinul ppb.

Evaluarea limitei de detecţie în spectrometria de masă se face în mod similar cu spectrometria de emisie. Modul de definire şi evaluare a limitei de detecţie, în spectroscopia de masă cu sursa de ioni scânteia, a fost prezentat de Ehrlich şi Mai [6]. Aceştia evaluează limita de detecţie pentru 66 specii atomice şi găsesc valori în intervalul $(1...10^2)$ ppb.

Relativ recent s-a dezvoltat tehnica spectroscopiei de masă cu emisie ionică secundară [7], [8]. Această tehnică de analiză chimică elementară se bazează pe emisia şi măsurarea ionilor secundari ejectaţi din eşantionul de analizat în urma bombardării acestuia cu un fascicul de ioni de energie înaltă (de ordinul keV).

Ionii secundari rezultaţi sunt analizaţi, detectaţi şi măsuraţi cu un spectrometru de masă. Această tehnică are numeroase utilizări la analiza suprafeţelor şi straturilor subţiri de material.

În analiza chimică a substanţelor organice, prin cuplarea cromatografiei de gaze cu spectrometria de masă s-a ajuns la rezultate valoroase în obţinerea informaţiei chimice. Această tehnică are aplicaţii şi în analiza de urme, unde s-au realizat sensibilităţi de detectare de ordinul picogramului.

2.3.2 Spectroscopia de rezonanţă magnetică nucleară (RMN)

În cazul spectroscopiei de rezonanţă magnetică nucleară, prin proba de material introdusă într-un câmp magnetic se trece o frecvenţă radio şi se măsoară semnalul RMN indus. Un spectru RMN se obţine fie menţinând constantă frecvenţa radio şi modificând câmpul magnetic, fie modificând frecvenţa radio în condiţiile unui câmp magnetic invariabil. Importante sub aspect analitic, pentru această tehnică, sunt în primul rând nucleele: ^{1}H, ^{11}F, ^{13}C, ^{15}N, ^{31}P.

3 Metode radiometrice şi radiochimice

În grupa metodelor de analiză radiometrice sunt incluse acele metode care necesită numai tratamente fizice ale probelor şi măsurări de radioactivitate.

Aceste metode se bazează pe măsurarea radioactivităţii naturale a probei de analizat sau a radioactivităţii induse în proba de material.

Prin metode radiochimice se înţeleg acele metode la care probele de analizat sunt supuse mai întâi unor tratamente chimice şi apoi se măsoară radioactivitatea. Clasificarea în metode radiometrice şi radiochimice nu trebuie înţeleasă rigid, practic între ele nu există o demarcaţie netă.

3.1 *Metode radiometrice*

Elementele care prezintă izotopi cu radioactivitate naturală au numerele de ordine cuprinse în domeniul (82...92) şi, deci, elementele care pot fi determinate radiometric pe baza radioactivităţii naturale sunt puţine la număr. Pentru radioactivarea probei de analizat se folosesc neutroni, particule încărcate (protoni, deuteroni, tritoni, helioni) şi fotoni. Analiza prin activare cu neutroni (AAN), este o tehnică analitică cu foarte multe utilizări în analiza de urme, ea fiind recunoscută ca tehnica analitică cu cea mai ridicată capacitate de detecţie, respectiv cu cele mai mici valori pentru limita de detecţie.

Odată cu dezvoltarea metodelor de analiză instrumentală prin activare cu neutroni AIAN, s-au putut determina simultan un număr mare de elemente în urme (până la 40) din diverse materiale, cum ar fi aerosolii, materialele biologice, apa, minerale etc. [10...14]. Prin metoda AIAN se pot detecta şi determina concentraţii de ordinul ppb şi chiar inferioare acestora.

Analiza de radioactivare cu fascicul de particule încărcate a găsit şi ea numeroase utilizări în analiza de urme (16...18). Prin acest procedeu se pot detecta şi determina conţinuturi cu valori sub 1 ppm. Avantajul acestei tehnici de activare constă în posibilitatea de a alege particulele de activare şi de a fixa energia acestora, astfel încât să se controleze reacţia nucleară şi să se obţină anumiţi produşi de analiză, în felul acesta simplificând analiza.

Problema definirii şi evaluării limitei de detecţie pentru metodele radiometrice este prezentată în lucrările [19...22].

3.2 *Metode radiochimice*

Din categoria metodelor radiochimice fac parte metodele reactivilor marcaţi, metodele diluţiei izotopice, metodele diluţiei izotopice substoechiometrice şi metodele radiochimice de radioactivare.

Prin metodele reactivilor marcaţi se pot detecta conţinuturi sub 1 ppb.

Metoda diluţiei izotopice constă în adăugarea la proba de analizat a unui izotop al componentului de detectat, cu o activitate specifică cunoscută. După omogenizarea probei, componentul urmărit se separă printr-o metodă adecvată şi se determină activitatea specifică finală, evident mai mică decât cea iniţială, dacă proba conţine componentul.

Marele avantaj al acestei metode constă în faptul că nu este necesar să se izoleze întreaga cantitate din elementul de determinat şi nici de a cunoaşte pierderile din cursul operaţiilor de separare.

Kudo şi Suzuki [23] fac o recenzie a metodelor substoechiometrice şi constată că peste 40 de elemente în urme pot fi detectate şi determinate prin aceste metode, metode superioare din punct de vedere al sensibilităţii, reproductibilităţii şi detectabilităţii, celorlalte metode de analiză a urmelor, cum ar fi spectrometria de masă, spectrometria, absorbţia atomică.

4 Metode cromatografice

Progresul contemporan al chimiei analitice nu poate fi conceput fără aportul metodelor cromatografice ai căror parametri calitativi (eficienţa separării, exactitatea, capacitatea de detecţie, rapiditatea) sunt semnificativi.

Dezvoltarea metodelor cromatografice se datorează elaborării unei teorii riguroase a proceselor cromatografice, producerii unei game variate şi de bună calitate de materiale cromatografice, producerii de sisteme perfecţionate de detecţie şi măsurare, producerii de dispozitive de precizie pentru eşantionarea probelor de material şi injectarea lor în coloană, precum şi dezvoltarea teoriei analitice şi acumularea unui material extrem de vast în legătură cu aplicarea acestor metode.

Evident, ca urmare a fenomenului de diluţie, capacitatea de detecţie a sistemului cromatografic de analiză este diminuată. Pentru a avea diluţii mai mici ar trebui luate volume mari de probe de analizat. Se ştie că, prin creşterea volumului probei, performanţele de separare ale coloanei vor descreşte, aceasta deoarece volumul de probă injectată va ocupa o parte importantă de coloană. Ca urmare a creşterii volumului de probă, poate să apară fenomenul de interferenţă, adică să apară peste picul componentului de detectat picurile altor componenţi din probă.

Concluzia care se impune este aceea că trebuie aleasă o soluţie optimizată între diluţie şi rezoluţie.

Optimizarea parametrilor coloanei cromatografice şi modul cum influenţează aceştia valoarea limitei de detecţie în analiza de urme a fost prezentat în mai multe lucrări [23...26].

În analiza cromatografică a urmelor, pe lângă optimizarea proceselor din coloană, trebuie utilizate dispozitive cu performanţe calitative cât mai ridicate pentru măsurarea componenţilor din efluent. Atât pentru cromatografia de gaze cât şi pentru cea de lichide, s-au realizat detectori cu performanţe calitative superioare.

În cromatografia de gaze s-a utilizat mai întâi detectorul de conductibilitate termică [26 – 28] şi apoi detectorul de ionizare în flacără. În cazul hidrocarburilor, de exemplu, cu utilizarea detectorului de conductibilitate termică s-au obţinut valori pentru limita de detecţie pâna la 1 ppm.

Prin utilizarea detectorului de ionizare în flacără valorile pentru limita de detecţie sunt până la 1000 de ori mai mici.

Probele de material din mediul înconjurător, cum ar fi cele de natură biologică, au în compoziţia lor un număr foarte mare de componenţi şi, drept urmare, cromatogramele obţinute cu detectori de conductibilitate termică sau de ionizare sunt foarte complexe. Într-un asemenea proces cromatografic eliminarea fenomenului de interferenţă şi deci detecţia corectă a componentului este de multe ori greu de realizat, chiar în condiţiile unor coloane cu parametrii calitativi ridicaţi. De aceea, s-au introdus detectori cromatografici, care răspund selectiv la o anumită proprietate a speciei eluate (spectrul de emisie atomică, spectrul molecular, spectrul de masă, activitatea electrochimică etc.).

Tipurile de detectori folosiţi frecvent în cromatografia de gaze sunt:

– detectorul flamfotometric, care s-a utilizat frecvent la detecţia compuşilor organici cu sulf şi fosfor; valorile pentru limita de detecţie a acestor elemente (S şi P) sunt sub 0,1 ng [29].

– detectorul cu plasmă de microunde are valori ale limitei de detecţie pentru elementele C, F, Cl, Br, I, P, S, din compuşi organici, în domeniul: (2×10^{-7} ... 7×10^{-14}) g.

– detectorul microculometric, la care valorile raportate pentru limita de detecţie sunt de ordinul μg [31].

– detectorul cu captură de electroni are, de exemplu, pentru limita de detecţie a clorului din compuşi organici valoarea raportată de 3×10^{-14} atom-gram clor [29].

În cromatografia de lichide se folosesc mai multe tipuri de detectori:

– detectorul pentru măsurarea absorbţiei în ultraviolet; are valori raportate pentru limita de detecţie cuprinse în domeniul (0,1 ... 0,001) ppm [25].

– detectorul pentru măsurarea indicelui de refracţie, cu valori raportate pentru limita de detecţie în domeniul (1 ... 10) ppm.

– detectorul flamfotometric, care, spre deosebire de cromatografia de gaze, în cromatografia de lichide are valori mult mai ridicate pentru limita de detecţie; aceasta datorită faptului că energia flăcării este consumată aici, în cea mai mare parte, pentru evaporarea eluentului.

– detectorul culometric are valori raportate pentru limita de detecţie în domeniul (5×10^{-7} ... 5×10^{-10}) moli component [32].

Nivelul calitativ al analizei cromatografice a materialelor complexe a crescut odată cu utilizarea spectrometrelor de masă şi a spectrometrelor de absorbţie în infraroşu. Sistemele mixte cromatografie de gaze-spectrometrie de masă şi cromatografie de gaze-spectrometrie IR sunt utilizate frecvent la analiza probelor de material cu compoziţie complexă. Aceste sisteme complexe sunt utilizate şi în cromatografia de lichide.

5 Metode electrochimice

Aplicaţii importante în analiza chimică reprezintă următoarele metode electrochimice:

- polarografice
- voltametrice prin redizolvare anodică
- culometrice
- potenţiometrice cu electrozi membrană ioni-selectivi

5.1 *Metode polarografice*

Se bazează pe studiul variaţiei intensităţii curentului în funcţie de tensiunea aplicată unor electrozi cufundaţi în electrolitul în care se găseşte specia de analizat. Aceste metode sunt utilizate în analiza chimică de mai bine de 80 de ani. În cazul polarografiei clasice de curent continuu performanţele calitative sunt, în general limitate şi, în multe situaţii, ele nu satisfac cerinţele analizei de urme. Trebuie să se recurgă la separări chimice, iar oxigenul prezent în proba de analizat trebuie înlăturat prealabil procesului de măsurare polarografică.

În general, în polarografia clasică curentul Faraday cauzat de o specie electroactivă cu concentraţia de ordinul 10^{-5} M este de acelaşi ordin de mărime cu zgomotul. Deci, domeniul de utilizare al polarografiei clasice este limitat la conţinuturi ale speciei electroactive de ordinul 10^{-5} M.

Prin dezvoltarea unor tehnici polarografice noi, polarografia în curent alternativ de frecvenţă joasă şi înaltă frecvenţă, au putut fi reduse inconvenientele polarografiei clasice [33 – 34]. Aceste tehnici noi au o specificitate şi sensibilitate mai bună şi nu este necesară înlăturarea oxigenului.

Pentru a ridica sensibilitatea, eliminând efectul curentului capacitiv, Barker si Gardner [35] dezvoltă tehnica polarografică cu impulsuri cu cele trei variante cunoscute:

- cu impuls normal (sau integral);
- cu impuls diferenţial;
- cu impuls derivat.

În polarografia cu impulsuri, prin reducerea curentului de încărcare şi, în acelaşi timp, prin creşterea curentului Faraday generat de specia electroactivă, raportul semnal-zgomot creşte şi astfel se îmbunătăţeşte capacitatea de detecţie a metodei. În polarografia cu impulsuri normale curentul de încărcare se reduce parţial, dar, prin creşterea curentului Faraday, domeniul de aplicabilitate a metodei se extinde până la concentraţii ale speciei electroactive de ordinul 10^{-6} M.

În polarografia cu impuls diferenţial, curentul de încărcare este practic eliminat total. Raportul semnal-zgomot creşte, astfel încât domeniul de lucru al acestei tehnici polarografice se extinde până la concentraţii ale speciei electroactive de ordinul 10^{-8} M. Polarografia cu impuls diferenţial este una din cele mai sensibile metode electrochimice, ea fiind aplicată la determinări de urme.

5.2 *Voltametrie prin redizolvare anodică*

Aceasta este o metodă înrudită cu polarografia. În cazul acestei tehnici analitice ionul sau ionii care interesează sunt depozitaţi pe un electrod, în condiţii electrice controlate.

Tehnica analitică a voltametriei prin redizolvare anodică este metoda electrochimică cu cea mai bună capacitate de detecţie. Poate fi utilizată la determinarea urmelor din diverse materiale în concentraţii mai mici de 1 ppb.

5.3 *Metode culometrice*

Aceste metode se bazează pe fenomenul de electroliză. Specia de determinat se supune unei reacţii electrochimice totale, iar concentraţia sa se calculează din cantitatea de electricitate asociată acestei reacţii (numărul de coulombi). Prezintă o capacitate de detecţie bună, putându-se aplica la detecţia şi determinarea unor cantităţi ale speciei electrochimice din proba de analizat de ordinul 10^{-10} M.

5.4 *Metode potenţiometrice cu electrozi membrană ion-sensibili*

Prin această metodă se poate opera analitic până la concentraţii ionice ale speciei electroactive

în soluţie de ordinul 10^{-7} M. Problema limitei de detecţie în potenţiometria cu electrozi membrană ion-sensibili a fost tratată în mai multe lucrări, în moduri diferite. O tratare riguroasă a limitei de detecţie, pentru tehnica analitică, specifică acestor metode a fost efectuată de către Liteanu şi colab. [36] care prezintă statistic modul de definire şi estimare a limitei de detecţie.

Concluzii

Pentru analiza de urme se utilizează un număr mare de metode. O clasificare a acestor metode în funcţie de capacitatea de detecţie a urmelor nu este pe deplin posibilă, atât datorită diversităţii metodelor de analiză şi variantelor acestora, cât şi datorită lipsei unei concepţii unitare asupra măsurării capacităţii de detecţie, adică a imposibilităţii de a putea compara riguros datele prezentate în literatura de specialitate în legatură cu capacitatea de detecţie, capacitate de detecţie în continuă evoluţie odată cu perfecţionarea tehnicilor de lucru şi a tehnologiei în domeniul aparaturii de măsură şi control.

O evaluare riguroasă a limitei de detecţie implică o înţelegere corectă a particularităţilor fiecărui proces analitic de măsurare şi a coceptului de semnal analitic, precum şi aplicarea corespunzătoare a cunoştinţelor de teoria detecţiei semnalelor la această problemă.

BIBLIOGRAFIE

[1] ISO 3696/1995, Apa pentru laboratoare analitice
[2] *G. Tolg*, Talanta, 19, 1489 (1972)
[3] *G. Tolg*, Talanta, 21, 327 (1974)
[4] *L.M. Fraser*, Analyt.Chem., 43, 1693 (1971)
[5] *N.Omenetto*, Analyt.Chem., 45, 195 (1973)
[6] *G. Ehrich si H. Mai*, Z.analyt.Chem., 218, 1 (1966)
[7] *C.A. Evans Jr.*, Analyt.Chem., 42, 1130 (1970)
[8] *J.M. Morabite*, Analyt.Chem., 45, 869 (1973)
[9] Jeol News, 9a, 6(1972)
[10] *R.A. Nadkarni*, Analyt.Chem., 45, 1957 (1973)
[11] *R.A. Nadkarni*, J.Radioanal.Chem., 3, 175 (1969)
[12] *R.A. Nadkarni*, Radiochim.Acta., 11, 97 (1969)
[13] *R.A. Nadkarni*, Radiochem. Radioanal. Lett., 2, 161 (1969)
[14] *R.A. Nadkarni*, Radiochem. Radioanal. Lett., 4, 325 (1970)
[15] *M. Heurtebise*, Analyt.Chem., 43, 1218 (1971)
[16] *A.W. Rosenstein*, Analyt.Chem., 45, 1707 (1973)
[17] *J.L. Debrun*, Analyt.Chem., 44, 1386 (1972)
[18] *D.L. Swindle*, Analyt.Chem., 45, 2111 (1973)
[19] *W. Schulze*, Z. analyt.Chem., 221, 85(1970)
[20] *L.A. Currie*, Analyt.Chem., 40, 586 (1968)
[21] *I.M. Fisenne*, Radiochem. Radioanal.Lett., 16, 5 (1973)
[22] *V.C. Rogers*, Analyt.Chem., 42, 807 (1970)
[23] *K. Kudo* şi *N. Suzuki*, J.Radioanal.Chem., 26, 327 (1975)
[24] *C.A.M. Meifers*, Z. analyt.Chem., 261, 347 (1972)
[25] *V.I. Kalmanovski*, J.Cromatog., 18, 243 (1965)
[26] *R. Teranishi* şi *T.R. Mon*, Analyt.Chem., 36, 1490 (1964)
[27] *D.L. Camin*, Analyt.Chem., 36, 11759 (1964)
[28] *R.E. Pecsar*, Analyt.Chem., 36, 1490 (1973)
[29] *R.K. Stevens*, Analyt.Chem., 43, 827 (1971)
[30] *D.F.S. Natusch*, Analyt.Chem., 45, 1185 (1973)
[31] *W. Williams* şi *M.E. Umstead*, Analyt.Chem., 40, 2232 (1968)
[32] *Y. Takata şi G. Muto*, Analyt.Chem., 45, 1864 (1973)
[33] *A.M. Bond*, Analyt.Chem., 44, 315 (1972)
[34] *A.M. Bond*, Analyt.Chem., 45, 2026 (1973)
[35] *C.C. Barker* şi *A.W. Gardner*, Z. analyt.Chem., 173, 79 (1960)
[36] *C. Liteanu, E. Hopirtean* şi *I.C. Popescu*, Analyt.Chem., 48, 2013 (1976)

INFORMAȚII

ORGANIZAȚII ȘI ACTIVITĂȚI CONEXE METROLOGIEI ÎN CHIMIE

Pe plan mondial problematica metrologiei în chimie este recentă, căci abia din anul 1993, în cadrul Comitetului Internațional de Măsuri și Greutăți (CIPM) al Biroului Internațional de Măsuri și Greutăți (BIPM) a fost creat Comitetului Consultativ pentru Cantitate de Substanță (CCQM), care coordonează la nivel mondial activitatea specifică metrologiei în chimie.

Organizații și instituții de prestigiu din domeniul metrologiei, respectiv, CCQM, EUROMET (Metrologia în Europa), Comisia Europeană prin intermediul IRMM (Institutul de Materiale de Referință și Măsurări) din cadrul Centrului Reunit de Cercetare (JRC), precum și alte asociații internaționale din domeniul asigurării calității datelor analitice, cum ar fi Cooperare pentru Trasabilitate Internațională în Chimia Analitică (CITAC), Chimia Analitică în Europa (EURACHEM) etc. au preocupări susținute privind:

- definirea și studiul metodelor de măsurare (primare și de referință) utilizate în metrologia mărimilor chimice;
- elaborarea, armonizarea și implementarea documentelor referitoare la evaluarea incertitudinii de măsurare;
- asigurarea trasabilității măsurărilor analitice;
- elaborarea de documente referitoare la selectarea și folosirea materialelor de referință, precum și definirea de ierarhii pentru acestea;
- stabilirea de scheme de intercomparare și organizarea acestor intercomparări.

CCQM s-a reunit în prima sa sesiune în 1995 la Sèvres-Franța, și a abordat aspecte privind:

- stabilirea metodelor de măsurare primare pentru cantitatea de substanță, și anume, spectrometrie de masă cu diluție izotopică, coulometrie, gravimetrie, titrimetrie și determinarea depresiunii punctului de congelare;
- utilizarea spectrometriei de masă cu diluție izotopică ca metodă primară și evaluarea exactității ei de măsurare;
- inițierea de comparări internaționale (ex. analize de elemente chimice din apă și analize de concentrație de gaze) și stabilirea de legături cu comparările efecuate de alte organizații europene;
- selectarea și producerea de materiale de referință necesare comparărilor CCQM.

An după an, problematica abordată în cadrul CCQM s-a diversificat, astfel că la cea de-a treia sesiune din anul 1997, grupele de lucru create au analizat activitatea desfășurată de acestea, precum și rezultatele studiilor de intercomparare obținute la analiza CO, CO_2, NO și a măsurării concentrației de plumb din apă. De asemenea, s-au conturat aspecte privind asigurarea trasabilității rezultatelor măsurărilor chimice prin aplicarea metodelor de măsurare primare și abordarea metrologică a acestor metode.

Pentru a asigura corectitudinea activității comerciale, acceptarea datelor privind calitatea mediului și a vieții, coerența rezultatelor cu alte date științifice etc., în cadrul CCQM s-au identificat obiective importante ce se au în vedere la compararea internațională a rezultatelor măsurărilor chimice, care sunt referitoare la efectuarea celor mai exacte măsurări ale cantității de substanță în unități SI de către diferite institute naționale de metrologie, precum și stabilirea de modalități privind echivalența rezultatelor măsurărilor chimice efectuate în diferite țări.

Activitățile viitoare pe care CCQM le-a preconizat după 1997 se referă la:

- extinderea gamei măsurărilor efectuate asupra substanțelor organice și anorganice în matrice complexă (țesut de pește, apă proaspătă, ser uman), precum și utilizarea metodelor de măsurare primare, cum ar fi gravimetria și titrimetria, pentru analiza soluțiilor de concentrație utilizate în tehnicile de lucru comparative;
- diversificarea amestecurilor de gaze supuse intercomparărilor internaționale efectuate la cel mai înalt nivel;

• studiul pH-metriei ca subiect nou de discuţie în cadrul CCQM.

Aspectele referitoare la aplicarea metrologică a metodelor de măsurare primare, evaluarea incertitudinii de măsurare, intercomparările internaţionale, au ca scop asigurarea trasabilităţii rezultatelor măsurărilor chimice. Pentru definirea şi implementarea acestui concept în măsurările chimice se fac eforturi continue şi cumulate din partea tuturor organizaţiilor şi instituţiilor implicate în acest domeniu.

Activităţi curente desfăşurate în cadrul CIPM-BIPM continuă studiul problematicii prezentate mai sus, iar obiectivul actual major este recunoaşterea mutuală a rezultatelor măsurărilor în baza Acordului de Recunoaştere Mutuală (MRA) semnat în anul 1999 de către institute naţionale de metrologie. În luna martie a anului 2000, la întâlnirea Comitetului Reunit al Organizaţiilor Regionale de Metrologie (Joint Committee of the Regional Metrology Organizations – JCRB), s-a stabilit întocmirea unei bănci de date care să cuprindă rezultatele comparărilor cheie ale Organizaţiilor Regionale de Metrologie (RMO) la nivel CIPM, precum şi rezultatele comparărilor suplimentare. Mai mult, orice RMO trebuie să-şi declare Capabilitatea lor de Etalonare şi de Măsurare (CMC) înainte de a se pune problema includerii acestei organizaţii în banca de date privind CMC.

Pentru măsurările chimice întocmirea CMC-urilor s-a iniţiat prin activitatea organizaţiei EUROMET prin grupa Metrologie în Chimie – METCHEM şi a început pentru măsurări de gaze, problematică care a fost discutată deja, în primă fază, la întâlnirea JCRB din martie a anului 2001. Pentru alte tipuri de măsurări, respectiv pe matrice anorganică, organică precum şi pentru măsurări electrochimice, grupe de lucru din METCHEM lucrează pentru întocmirea CMC-urilor, activitate prioritară şi pentru institute naţionale de metrologie.

O altă preocupare susţinută în domeniul metrologiei în chimie o constitue cea referitoare la producerea, certificarea şi utilizarea materialelor de referinţă, ca etaloane ale mărimilor chimice. Ca urmare, în anul 1985 a fost creat Comitetului pentru Materiale de Referinţă din cadrul Organizaţiei Internaţionale pentru Standardizare *ISO-REMCO*.

Pe plan mondial laboratoare de prestigiu din Comunitatea Europeană (IRMM), Germania (Physikalisch Technische Bundesanstalt – PTB în colaborare cu Federal Institute for Materials Research and Testing – BAM), Anglia (National Physical Laboratory – NPL), Franţa (Laboratoire National d'Essais – LNE), SUA (National Institute for Standards and Technology – NIST) etc. dezvoltă un sistem complex şi complet de materiale de referinţă certificate, prin care se asigură exactitatea, uniformitatea şi trasabilitatea rezultatelor măsurărilor chimice.

În contextul preocupărilor internaţionale, activităţi desfăşurate de INM în acest domeniu sunt cele referitoare la asigurarea uniformităţii şi exactităţii măsurărilor, în special, prin:

• cercetări privind dezvoltarea şi menţinerea bazei de etaloane/materiale de referinţă;
• verificarea performanţelor instrumentale ale mijloacelor de măsurare;
• producerea şi certificarea unor tipuri reprezentative de materiale de referinţă, ce sunt utilizate pentru asigurarea metrologică a mijloacelor de măsurare;
• elaborarea de acte normative şi reglementări privind metode de etalonare/verificare, încercare a mijloacelor de măsurare;
• intercomparări în cadrul IMEP, EUROMET;
• preluarea, armonizarea şi implementarea documentelor referitoare la evaluarea incertitudinii de măsurare; definirea, producerea, certificarea şi utilizarea materialelor de referinţă; caracteristici de performanţă ale metodelor de măsurare etc.;
• alte activităţi specifice.

Problematica metrologiei mărimilor chimice şi a materialelor de referinţă în contextul tendinţelor actuale mondiale prezentate mai sus, este complexă şi cu multe implicaţii în luarea deciziilor, în special, privind monitorizarea, asigurarea şi protecţia calităţii mediului, controlul sănătăţii publice, facilitarea schimburilor comerciale şi a altor activităţi cu implicaţii asupra calităţii vieţii şi produselor. De aceea, preocupări ale CCQM, EUROMET, EURACHEM, CITAC sau ale altor organizaţii promovează adaptarea principiilor comune pentru determinările analitice valide în vederea îmbunătăţirii calităţii determinărilor analitice.

dr. ing. Steluţa Duţă
INM – Bucureşti

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár 2001

REGULI DE REDACTARE A ARTICOLELOR PENTRU REVISTA „METROLOGIE“

1 PRECIZĂRI GENERALE

- Lucrările trimise spre publicare trebuie să reprezinte contribuţii originale ale autorului.
- Responsabilitatea pentru exactitatea afirmaţiilor ştiinţifice, a calculelor şi a rezultatelor experimentale prezentate revine autorilor.
- Au prioritate lucrările trimise spre publicare însoţite de o recomandare semnată de o personalitate ştiinţifică recunoscută în domeniu, privind calitatea conţinutului ştiinţific şi a prezentării, nivelul de interes pentru cititor, originalitatea lucrării.
- Redacţia îşi rezervă dreptul de a nu publica materialele pe care le consideră necorespunzătoare. Manuscrisele nepublicate nu se înapoiază.

2 REGULI DE REDACTARE A ARTICOLELOR

- Articolele vor avea minimum 2 pagini, maximum 6 pagini, vor fi tehnoredactate pe calculator, folosind editorul de texte MICROSOFT WORD 97 sau o versiune anterioară a acestuia, cu caractere Times New Roman, corp de literă 12, şi vor fi trimise redacţiei pe dischetă însoţite de un exemplar tipărit. Desenele vor fi în alb-negru, încorporate în articol şi, de asemenea, într-un fişier separat pe dischetă. Fişierele vor fi verificate înainte de a fi trimise la redacţie cu un program antivirus recent pentru a nu trimite fişiere infectate cu viruşi. Menţionăm că, la controlul antivirus din redacţie, fişierele infectate vor fi distruse.
- Articolul trebuie să fie însoţit de un rezumat de maximum 100 cuvinte, tradus în limbile engleză şi franceză.
- Autorii vor indica numele şi prenumele, titlurile ştiinţifice, funcţia, locul de muncă, adresa şi telefonul.
- Nu se admit prescurtări, în afară de cele recunoscute şi de largă utilizare.
- Indicarea materialului bibliografic se va face complet: autor, titlu în limba originală, ediţia, numărul volumului, locul publicării, editura, anul apariţiei, iar la reviste se va indica în plus numărul şi anul publicării, pagina iniţială şi cea finală.
- Referinţele bibliografice vor fi marcate în text prin indicarea numărului de ordine al lucrării, încadrat în paranteze drepte.

Pentru detalii suplimentare contactaţi redacţia.

INM Nr.3-4/2001

E 8225 FF
8 000001 398610

metrologie

UNITĂŢILE DE MĂSURĂ METRICE ÎN ROMÂNIA

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár 2001

SUMMARY

The Decision of the Romanian Government No. 879/ 6 September, 2001, concerning the celebration as "*Metrology's Day*" of the Second Sunday of September 66

GHEORGHE P. ISPĂŞOIU: Metric System – first step for a Joint Measurement System in the World . 67

FĂNEL IACOBESCU: The International System of Units (SI) – the world reference in the measurements of the physical quantities 76

ROMANIAN BUREAU OF LEGAL METROLOGY, Legal Measurement Units 89

ROMANIAN BUREAU OF LEGAL METROLOGY, Rules for the using of the measurement units and the expression of the physical quantities values 97

ROMANIAN BUREAU OF LEGAL METROLOGY, The most important moments of the history of the Metric Units in Romania 111

International Conference of Metrology in Bucharest . 119

NOTES 122

INFORMATION 125

SOMMAIRE

La Decision du gouvernement de la Roumanie No. 879 du 6 septembre 2001 sur la célébration du "*Jour de la métrologie*" le deuxième dimanche du mois de septembre 66

GHEORGHE P. ISPĂŞOIU, Le Système Métrique – un premier pas vers l'unification des unités de mesure à l'échelle mondiale 67

FĂNEL IACOBESCU, Le Système internationale d'unités (SI) – référentiel mondial dans les mesurages des grandeurs physiques 76

BUREAU ROUMAIN DE MÉTROLOGIE LÉGALE, Unités des mesure légale 89

BUREAU ROUMAIN DE MÉTROLOGIE LÉGALE, Normes d'emploi des unités de mesure et l'expression des valeurs des grandeurs physiques 97

BUREAU ROUMAIN DE MÉTROLOGIE LÉGALE, Moments importants de l'histoire des unités métriques en Roumanie 111

Conférence Internationale de Métrologie à Bucarest 119

NOTES 122

INFORMATIONS 125

REDACŢIA

INSTITUTUL NAŢIONAL DE METROLOGIE

Şos. Vitan-Bârzeşti nr. 11, sector 4, tel. 334.50.60/137
şi 334.55.20; Bucureşti; 75669

ISSN 1200-546 X

EDIŢIE REALIZATĂ SUB ÎNGRIJIREA

Editurii Tehnice

Piaţa Presei Libere 1, sector 1, Bucureşti, cod poştal 71341,
tel. 222.66.30, fax 224.21.64

Cererile pentru abonamente vor fi adresate Editurii Tehnice S.A., Biroul de comenzi şi desfacere,
Bucureşti, str. Oteteleşeanu nr. 1, sector 1, cod poştal 70702. tel. 315.88.66
cont virament 2511.1 – 200.1 / ROL deschis la BCR sector 1.
Costul unui abonament anual este de 216 000 lei.

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár
2001

METROLOGIE

Publicaţie tehnico-ştiinţifică
editată de
INSTITUTUL NAŢIONAL DE METROLOGIE

CUPRINS

Hotărârea Guvernului României nr. 879 din 6 septembrie 2001 privind declararea celei de-a doua duminici din luna septembrie "*Ziua metrologiei*" 66

GHEORGHE P. ISPĂŞOIU, Sistemul Metric – un prim pas în unificarea mondială a unităţilor de măsură 67

FĂNEL IACOBESCU, Sistemul Internaţional de Unităţi (SI) – referenţial mondial în măsurările mărimilor fizice 76

BIROUL ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ, Unităţi de măsură legale . 89

BIROUL ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ, Reguli de utilizare a unităţilor de măsură şi de exprimare a valorilor mărimilor fizice 97

BIROUL ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ, Momente importante ale istoriei unităţilor metrice în România 111

Conferinţă Internaţională de Metrologie la Bucureşti 119

NOTE 122

INFORMAŢII .....-125

*
* *

Colectivul de redacţie: dr. ing. Dragoş BOICIUC (*redactor responsabil adjunct*), dr. ing. Mirella BUZOIANU, dr. ing. Florin CREŢU, ing. Dumitru DINU, dr. ing. Steluţa DUŢĂ, ing. Sonia GAIŢĂ, prof. univ. dr. ing. Fănel IACOBESCU (*redactor responsabil*), ing. George POPA, ing. Gelu POPOVICI, ing. Mihai SIMIONESCU, ing. Ionel URDEA

Secretar de redacţie: Irina STAN

METROLOGIE, vol. XLVIII (Serie nouă), nr. 3-4/2001, pag. 65–128

GUVERNUL ROMÂNIEI

HOTĂRÂRE

privind declararea celei de-a doua duminici din luna septembrie „Ziua metrologiei"

În temeiul prevederilor art. 107 din Constituţia României,

Guvernul României adoptă prezenta hotărâre.

Art.1 – Cea de-a doua duminică din luna septembrie se declară „Ziua metrologiei".

Art.2 – Ministerul Industriei şi Resurselor şi Biroul Român de Metrologie Legală vor acorda sprijin de specialitate în organizarea şi desfăşurarea manifestărilor ştiinţifice şi culturale cu tematică specifică, ocazionate de celebrarea anuală a evenimentului prevăzut la art. 1.

PRIM – MINISTRU
ADRIAN NĂSTASE

Contrasemnează:
Ministrul industriei şi resurselor,
Dan Ioan Popescu

Bucureşti, 6 septembrie 2001.
Nr. 879.

SISTEMUL METRIC – UN PRIM PAS ÎN UNIFICAREA MONDIALĂ A UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ

Gheorghe P. ISPĂŞOIU[*)]

Abstract: *The paper presents the most important moments of the history of setting up the Metric System. A particular attention is given to its adoption and implementation in different countries and in Romania.*

Résumé: *L'article présente les moments les plus importants de l'histoire du Système Métrique, avec instance particulière sur les dates clés de son adoption et application dans les différents pays du monde, y compris en Roumanie.*

1 Introducere

• Elaborarea unei lucrări referitoare la crearea Sistemului Metric şi la aplicarea unităţilor de măsură metrice reprezintă una din problemele de permanent interes în istoria metrologiei – ştiinţă a măsurării [1]. Este necesar, de aceea, să fie readuse în actualitate diferite aspecte legate de activitatea organizaţiilor internaţionale şi, de asemenea, a organelor/instituţiilor (sau institutelor) naţionale care s-au constituit şi/sau au acţionat pentru crearea acestui sistem de unităţi de măsură şi pentru utilizarea internaţională a unităţilor metrice.

• Abordând tema aceasta, avem în vedere reuşita şi, în acelaşi timp, importanţa creării, adoptării şi aplicării acestui sistem de unităţi în lume şi, de asemenea, în România. Anul acesta s-au împlinit, la 1 ianuarie, **135 de ani** de la aplicarea legală, începând de la **1 ianuarie 1866**, a Sistemului Metric în ţara noastră, prin *„Legea pentru adoptarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi în România"*, promulgată de domnitorul Alexandru Ioan Cuza la **15 septembrie 1864**. S-au împlinit, de asemenea, în acest an, **40 de ani** de când, prin *„Hotărârea Consiliului de Miniştri al Republicii Populare Române nr. 550 din 30 august 1961"*, Sistemul Internaţional de Unităţi (SI) a devenit „Sistem de unităţi de măsură legal şi obligatoriu" în România.

Între cele două evenimente memorabile din istoria unităţilor de măsură în ţara noastră, care s-au produs la 95 de ani unul de altul şi care reprezintă, în esenţă, momente de *metrologie legală*, a avut loc un alt eveniment memorabil, considerat a fi, prin obiective, de *metrologie ştiinţifică*: la **16 septembrie 1951**, deci acum **50 de ani**, a fost înfiinţat Institutul de Metrologie, devenit, în **1974**, Institutul Naţional de Metrologie (INM). Prin această măsură a fost creată instituţia a cărei misiune de bază constă în asigurarea bazelor ştiinţifice ale exactităţii şi conformităţii măsurărilor în România, prin activitate de cercetare-dezvoltare, inclusiv prin exprimarea valorilor etaloanelor din sistemul naţional de etaloane şi a rezultatelor măsurărilor în unităţi SI, respectiv în unităţi metrice. A fost constituită, atunci, prima instituţie din ţara noastră şi, totodată, din alte ţări cu această denumire. Sigla INM (în limba engleză, NMI) a început să capete maximă generalitate, în lume, abia în ultimii ani.

Aceste evenimente memorabile ale istoriei metrologiei ştiinţifice şi legale din ţara noastră, al căror început poate fi considerat **„momentul 15 septembrie 1864"**, reprezintă, fiecare în parte, o expresie clară a aderării României la frontul comun mondial de unificare a unităţilor de măsură metrice şi de generalizare a utilizării acestora în toate domeniile de activitate.

• Ideea unificării mondiale a unităţilor metrice, expresie a crezului creatorilor Sistemului Metric, la baza căruia era „unitatea de măsură *metru*", se degajă din cuvintele „Unité des mesures" şi, respectiv, „À tous les temps, à tous les peuples". Aceste cuvinte au fost gravate, în **1840**, în Franţa, după un proiect din **1799**, pe cele două feţe ale Medaliei Sistemului Metric care a fost realizată

*) Institutul Naţional de Metrologie, Şos. Vitan Bârzeşti nr. 11, sectorul 4, Bucureşti.

la declararea Sistemului Metric, prin Legea din **4 iulie 1837**, ca sistem de unităţi cu utilizare obligatorie începând de la **1 ianuarie 1840** [2]. Progresul mondial actual în aplicarea unităţilor de măsură metrice, devenite, în **1960**, unităţi SI, prin hotărârea celei de a 11-a Conferinţe Generale de Măsuri şi Greutăţi, ne îndreptăţeşte a spune că aceste unităţi sunt **„unităţi de măsură pentru toate timpurile, pentru toate popoarele"**.

• Publicarea acestui articol se înscrie între acţiunile prin care sunt celebrate, în ţara noastră, în acest an, cele trei momente-eveniment din istoria naţională a metrologiei. Este vorba de acţiunile desfăşurate în legătură cu **„Ziua metrologiei"** în România, care, în conformitate cu Hotărârea Guvernului României nr. 879 din **6 septembrie 2001**, va fi sărbătorită, în fiecare an, în „a doua duminică din luna septembrie".

2 Nevoia unificării unităţilor de măsură în lume. Crearea Sistemului Metric de unităţi în Franţa

• Sistemul Metric de unităţi de măsură a fost creat în Franţa, după revoluţia din **1789**, între ale cărei obiective se afla şi lichidarea haosului ce domnea în domeniul măsurilor şi greutăţilor, mai exact al unităţilor de măsură a lungimii şi masei, şi al mijloacelor tehnice, denumite în zilele noastre mijloace de măsurare [1], prin care erau materializate şi conservate aceste unităţi.

Starea de haos din domeniul măsurărilor, ale căror începuturi au avut loc cu zeci de mii de ani în urmă, era întâlnită, de fapt, la sfârşitul secolului al 18-lea, în întreaga lume, inclusiv în ţările evoluate ştiinţific şi tehnic, şi s-a menţinut, în ciuda dorinţelor exprimate şi a eforturilor de a o schimba, încă multă vreme. Au trebuit să treacă două secole până la înfăptuirea dorinţei de unificare a unităţilor de măsură nu numai pe plan regional şi statal ci şi pe plan mondial [2].

• Factor important în dezvoltarea societăţii, în progresul şi civilizaţia omenirii, măsurările, de la cele mai simple până la cele mai complexe, şi, odată cu ele, unităţile de măsură şi etaloanele, care îşi au fiecare o istorie proprie, au fost influenţate direct de progresele din ştiinţă şi tehnică, îndeosebi în ultimele trei-patru secole. Savanţii au ajuns să fie, primii, conştienţi de dezordinea şi incertitudinea ce domneau în diferite măsurări şi în mijloacele tehnice care materializau unităţile de măsură denumite, în limba franceză, „poids et mesures" (iar în limba română „măsuri şi greutăţi", încă de acum 150-200 de ani). Savanţii foloseau, ei înşişi, pentru determinarea şi exprimarea valorilor mărimilor fizice, „măsuri şi greutăţi". Au devenit, de aceea, preocupaţi să găsească soluţii pentru stabilirea unor unităţi de măsură care să nu fie legate de părţi ale corpului omenesc ci de elemente sau fenomene naturale invariabile în timp şi să fie utilizabile în toate ţările precum şi în relaţiile ştiinţifice şi comerciale dintre ele. A crescut interesul de a se găsi unităţi de măsură care să nu fie influenţate şi/sau să nu depindă de nici o ţară şi pe care să se poată fonda un sistem de unităţi unic pentru toate ţările.

• Este firesc să privim în urmă, prin secole şi chiar milenii, pentru a înţelege corect necesitatea şi semnificaţia eforturilor ce s-au depus atunci, fără a neglija importanţa eforturilor ce se depun şi în prezent, în vederea unificării mondiale a unităţilor de măsură [2, 3, 4, 5, 6].

Începute din necesitatea de a determina distanţe şi arii ale suprafeţelor terenurilor, cantităţi/volume, greutăţi (de fapt mase) de produse, apă şi diferite materiale sau de a determina durate/intervale de timp şi de a stabili scări de timp etc., măsurile de lungime şi de masă (denumită greutate, ca mijloc de măsurare) au fost bazate, în toată lumea, la începuturile lor, pe unităţi de măsură ce derivau de la diferite părţi ale corpului omenesc. *Cotul*, *palma*, *palmacul*, *degetul* şi *piciorul* omului, care au reprezentat chiar primele mijloace de măsurare, au alcătuit baza sistemului de măsuri pentru lungime, arie şi volum/capacitate. Aşa au fost, în antichitate, *cotul egiptean*, *cotul persan* şi *cotul babilonean* şi, în Grecia, *piciorul antic* şi *piciorul olimpic*, iar în Europa apuseană, *piciorul roman*, *piciorul antic* şi *piciorul olimpic*.

Greutăţile utilizate în antichitate ca măsuri de masă, exprimându-ne în terminologia actuală [1], au fost stabilite pe baza greutăţii unui anumit număr de boabe de grâu, orez sau orz. O greutate asiro-chaldeeană denumită *siclul* reprezenta, de exemplu, greutatea egală cu aceea a 180 de boabe de grâu, iar greutatea romană *siligna* era egală cu greutatea a patru boabe de grâu. *Livra* era egală cu greutatea a 6912 boabe de grâu [2, 5].

• Unităţile de măsură utilizate în Franţa erau moştenite de la romani. Măsurile şi greutăţile, în sensul pe care l-am specificat, se bazau pe unităţile romane de lungime şi de masă (denumite greutăţi)

pes (în franceză, *pied*) şi, respectiv, *livra* (în franceză, *livre*), iar unitatea de capacitate/volum era denumită *amphore* (corespondentul în limba romană fiind *amphora*, a cărei valoare reprezenta un *pes* cubic).

Pentru măsurările agrare, unitatea de arie „*pes* pătrat" era prea mică, din care motiv romanii au folosit unitatea *jugerum*, egală valoric cu dublul ariei unui pătrat cu latura de 120 *pieds*. Multiplii şi submultiplii unităţilor de măsură romane nu erau zecimali, deşi romanii foloseau sistemul de numeraţie zecimal. Acest sistem de numeraţie se găsea la baza sistemului de măsurare din Egiptul antic care era utilizat pentru lungimi, arii şi volume. Sumerienii şi babilonienii utilizau, în schimb, în acele vremuri antice, cu milenii î.e.n., sistemul sexagesimal de numeraţie, avantajos prin aceea că numărul 60 este divizibil cu numerele 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12 etc. (o dovadă în acest sens constituind-o faptul că unele unităţi sexagesimale sunt, încă, utilizate pentru mărimi de spaţiu şi timp) [2].

Numeroase unităţi de măsură romane au fost preluate de civilizaţia Europei occidentale, dar la căderea Imperiului Roman de Occident au apărut o diversitate de măsuri şi greutăţi, care au generat multă confuzie. Ca urmare, Carol cel Mare, rege al francilor (768-814) şi împărat al Occidentului (800-814), a trebuit să promulge un decret privind unificarea unităţilor de măsură în toate ţările reunite sub Coroana sa, dar tentativa a eşuat odată cu Imperiul său.

• Şi strămoşii noştri, geto-dacii, care au trăit în spaţiul carpato-dunărean în mileniul 1 î.e.n., au utilizat unităţile şi măsurile de lungime *cot*, *palmă*, *deget*, *picior* şi *pas*. Ca greutăţi, respectiv măsuri de masă au utilizat aşa numitele *ponduri* din piatră, ceramică, bronz şi plumb, iar pentru măsurarea volumului/capacităţii lichidelor erau utilizate măsurile denumite, ca şi la romani, *amphore* [5].

Măsurile şi greutăţile utilizate de geto-daci au fost influenţate de cele ce erau în uz în statele cu care ei au avut relaţii economice şi culturale. Mărturii arheologice confirmă existenţa pe teritoriul ţării noastre a măsurilor şi greutăţilor din sistemele de măsurare grecesc şi roman, cu prioritate a celor din sistemul roman, care a fost introdus mai întâi în Banat şi Transilvania, după cucerirea Daciei de către Imperiul Roman, la începutul secolului al 2-lea e.n. Unităţile şi, respectiv, măsurile de lungime *pasus*, *palmus* şi *digitus* ale romanilor au devenit *pas*, *palmă* şi, respectiv, *deget* la români, iar unitatea de arie pentru suprafeţe agrare a devenit *jugerul* de Transilvania. Valorile acestor unităţi exprimate în unitatea *metru* erau, însă, diferite: de exemplu, cotul la romani şi greci era de 0,444 m şi, respectiv, 0,462 m, în timp ce la români era de 0,637 m în Moldova şi 0,664 m în Muntenia.

Măsurile, respectiv unităţile de măsură utilizate pentru lungime, capacitate/volum şi, de asemenea, cele pentru masă (respectiv greutăţile) au diferit valoric între ele, de la o provincie la o altă provincie românească, deşi aveau aceeaşi denumire. De exemplu, stânjenul moldovenesc echivala cu 1,900 m în Transilvania şi cu 1,962 m în ţara Românească (respectiv în Muntenia şi Oltenia).

Deşi diferite valoric între ele, unităţile de măsură din provinciile româneşti au contribuit la dezvoltarea relaţiilor economice şi comerciale dintre acestea. În acelaşi timp, unitatea denumirilor acestor unităţi de măsură reflectă unitatea limbii şi culturii poporului român. Se impunea, însă, cu absolută necesitate, unificarea unităţilor de măsură în ţările române, în prima jumătate a secolului al 19-lea, aşa cum aceasta se impusese în ţările din Europa de vest, în primul rând în Franţa, în anii revoluţiei din 1789.

• Dezvoltarea noii societăţi, odată cu naşterea unor oraşe importante şi independente în Franţa, Germania şi Italia precum şi în alte ţări din Europa, începând încă din secolul al 14-lea, şi dezvoltarea unei economii bazate pe industria manufacturieră şi pe agricultură, care au determinat relaţii comerciale terestre şi maritime, au constituit un stimulent puternic pentru dezvoltarea ştiinţelor teoretice – matematică, astronomie, mecanică – şi a ştiinţelor aplicate. A apărut, atunci, necesitatea imperioasă a utilizării unor unităţi de măsură unice, materializate prin „măsuri" şi „greutăţi", pentru exprimarea cantitativă a valorilor unor mărimi fizice, respectiv ale lungimii şi masei, ce se măsurau curent, atât în cadrul fiecărei ţări cât şi în schimburile economice şi culturale dintre ele.

În ciuda încercărilor de „unificare a măsurilor şi greutăţilor" pe care le-a întreprins, guvernul francez nu a reuşit să impună utilizarea aceloraşi unităţi de măsură în întreaga Franţă. Şi, de asemenea, în întreaga Europă, inclusiv în *România*, precum şi în celelalte continente continua să existe o largă diversitate de „măsuri" şi „greutăţi", ceea ce determina incertitudine şi confuzie în măsură-

rile efectuate cu acestea. Compararea unor măsuri denumite „ale Parisului" cu măsuri pentru aceleaşi mărimi utilizate în Anglia, efectuate de un grup de savanţi, în **1742**, a condus, de exemplu, la concluzia că între unităţile de lungime *pied,* respectiv *foot* şi unităţile de masă *livre*, respectiv *pound* existau diferenţe de 6 % şi, respectiv, 8 % [2].

Încă de pe atunci, s-au făcut propuneri de găsire, în primul rând, a unei unităţi de bază pentru lungime, care să nu fie legată de părţi ale corpului omenesc. Între propunerea de a se adopta ca unitate de lungime „lungimea unui pendul care bate secunda", care a fost susţinută de astronomul francez Mouton, în **1670**, şi de Huygens, fizician, matematician şi astronom olandez, în **1673**, şi sprijinită de Societatea Regală din Londra, pe care, peste 100 de ani, în **1790**, ministrul francez Charles Maurice de Talleyrand a înaintat-o oficial Adunării Naţionale a Constituantei, şi, respectiv, propunerea de a se defini unitatea de lungime prin raportare la „lungimea unui arc al meridianului Pământului", Academia de Ştiinţe din Paris a acceptat cea de-a doua propunere.

Adunarea Naţională a Constituantei a adoptat, la **26 martie 1791**, principiul constituirii unui „sistem de măsuri şi greutăţi" („system des poids et mesures") bazat pe o unitate de lungime, denumită „*metru*" (de la cuvântul grecesc *metron,* care înseamnă măsură), egală cu „a 10-a milioana parte a sfertului meridianului Pământului". Definiţia aceasta a fost propusă de către o comisie numită de Academia de Ştiinţe din Paris, care avea în componenţă pe cunoscuţii oameni de ştiinţă Jean Charles Borda, Joseph Louis Lagrange, Pierre Simon Laplace, Gaspard Monge şi Marie-Jean Antoine Condorcet. Unităţile de arie şi volum urmau să fie egale valoric cu multiplii şi submultiplii zecimali ai metrului pătrat şi, respectiv, ai metrului cub. Adunarea Naţională a Franţei a adoptat, de asemenea, la 26 martie 1791, şi hotărârea ca unitatea de masă să fie egală cu „masa unui decimetru cub de apă la temperatura densităţii maxime", respectiv la 4 °C, şi să fie denumită „*kilogram*".

Pe baza rezultatelor măsurărilor arcului meridianului Pământului dintre Dunkerque şi Barcelona, efectuate de inginerii francezi Delambre şi Méchain, în perioada **1792 – 1798**, a fost realizat un *metru etalon* cu repere din platină, iar pe baza rezultatelor măsurărilor efectuate de către Antoine Laurent de Lavoisier şi colaboratorii săi, asupra masei unui volum cunoscut de apă, a fost realizat un „*kilogram etalon*" din platină.

„*Metrul etalon*" şi „*kilogramul etalon*" au fost depuse, în **22 iunie 1799**, la Arhivele Republicii Franceze, primind denumirea de *metrul de la Arhive* şi, respectiv, *kilogramul de la Arhive*. Anul **1799** este considerat anul în care a fost creat *Sistemul Metric*. Denumirea de Sistem Metric a fost dată întrucât sistemul de unităţi de măsură creat în Franţa avea la bază unitatea *metru*.

Pornind de la unităţile metru şi kilogram se puteau forma submultipli şi multipli zecimali, prin adăugarea unuia din prefixele mili (10^{-3}), centi (10^{-2}), deci (10^{-1}) şi, respectiv, kilo (10^{3}), hecto (10^{2}), deca (10^{1}) la denumirile metru şi gram (de exemplu, milimetru şi decagram).

• A început, atunci, o *nouă etapă în istoria mondială a unităţilor de măsură*, etapă ce avea să ducă, peste două secole, la unificarea internaţională a unităţilor metrice şi a măsurărilor mărimilor fizice.

3 Adoptarea şi aplicarea Sistemului Metric în alte ţări şi în România

• Calităţile pe care le întrunea Sistemul Metric, respectiv simplitatea, structura, multiplii şi submultiplii zecimali ai săi, uşurinţa în realizare şi utilizare a etaloanelor, au făcut ca acestui sistem de unităţi să i se atribuie calitatea de prim *sistem ştiinţific* de unităţi de măsură. Ca urmare, Sistemul Metric a început să fie adoptat şi aplicat pe diferite meridiane şi paralele ale Pământului încă din primele decenii ale secolului al 19-lea. L-au adoptat oficial, până în **1820**, chiar înaintea Franţei, unde încercările de a-l legifera, întreprinse în anii 1800, 1812 şi 1816, au fost nereuşite, următoarele ţări: Belgia, Luxemburg şi Ţările de Jos. În continuare, l-au adoptat, până în **1875**, încă 27 de ţări: Senegal, Algeria, Chile, Spania, Republica Dominicană, Portugalia, Columbia, Monaco, Mexic, Venezuela, Italia, Brazilia, Peru, Uruguay, Argentina, *România*, Ecuador, Statele Unite ale Americii (cu aplicabilitate facultativă), Bolivia, Elveţia, Germania, Austria, Cehoslovacia, Iugoslavia, Ungaria, Linchenstein şi Norvegia [2].

• *România* a adoptat Sistemul Metric, cu aplicabilitate obligatorie de la **1 ianuarie 1866**, prin „*Legea pentru adoptarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi în România*" promulgată de domnitorul Alexandru Ioan Cuza, la reşedinţa sa

de la Ruginoasa, la **15 septembrie 1864** şi publicată în Monitorul Oficial nr. 210 din 21 septembrie 1864. România a devenit a 16-a ţară în care Sistemul Metric a fost adoptat în mod oficial [5, 7]. A avut loc, atunci, **un prim moment important al istoriei unităţilor metrice în România**. Acest pas important realizat pe calea unificării unităţilor de măsură utilizate în ţara Românească şi Moldova a reprezentat o expresie a necesităţii de a realiza un sistem tehnico-ştiinţific unitar de unităţi şi de mijloace de măsurare corespunzătoare în condiţiile create prin unirea celor două Principate, la **24 ianuarie 1859**.

Un merit incontestabil în adoptarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi în România au avut domnitorul **Alexandru Ioan Cuza** şi oamenii de stat **Ion G. Ghica** şi **Mihail Kogălniceanu**, academicieni. Ion G. Ghica spunea, cu clarviziune, în 1844, că „măsurile franţuzeşti sunt cele mai bune şi mai raţionale şi pot să devină într-o zi măsuri universale". El a fost autorul unei lucrări care avea ca obiect echivalenţa în unităţi metrice a unor unităţi nemetrice.

• Adoptarea Sistemului Metric în ţara noastră ar fi putut avea loc încă din **1835**, dacă n-ar fi existat forţe conservatoare, începând de la comercianţi până la oameni politici cu înalte responsabilităţi în stat, care să împiedice, prin acţiunile şi atitudinea lor, o asemenea măsură cu adevărat revoluţionară. Atunci, în 1835, a fost făcută, de către vornicul Mihai Ghica, prima propunere de utilizare legală în ţara noastră a unităţilor *metru* şi *kilogram* ale Sistemului Metric creat în Franţa. Spunem utilizarea legală deoarece unităţile metrice se aflau deja în uz, graţie acţiunilor şi lucrărilor înfăptuite de partizanii Sistemului Metric în „bătălia pentru Sistemul Metric" în România, cum a fost denumită de omul de ştiinţă Nicolae P. Leonăchescu, autor a numeroase lucrări despre Sistemul Metric, activitatea susţinută pe care oamenii luminaţi ai acelor vremuri, politicieni şi specialişti în diferite domenii ştiinţifice şi tehnice, au dus-o, timp de 29 de ani, în vederea adoptării acestui sistem de unităţi [8].

Un rol pozitiv deosebit de important în „bătălia pentru Sistemul Metric" l-a avut Petrache C. Poenaru, care, bun cunoscător al noilor descoperiri ale epocii în domeniul ştiinţelor exacte, urmare a studiilor făcute la Viena, în perioada 1822-1824, şi la Paris, în perioada 1824-1830, şi având funcţii publice, care i-au facilitat implicarea în această bătălie (ca profesor de geometrie la Colegiul Naţional Sf. Sava şi director al Eforiei Şcolilor Naţionale, în perioada 1832-1848), a reprezentat „o eminenţă cenuşie a tehnicii româneşti" în perioada 1835-1860, calitate pe care a dovedit-o în lupta pentru legiferarea Sistemului Metric al cărui partizan înflăcărat a fost.

• Difuzarea şi utilizarea unităţilor de măsură metrice şi a etaloanelor pentru aceste unităţi nu s-a înfăptuit în România aşa cum au dorit promotorii ideii de adoptare şi aplicare a Sistemului Metric. Deşi, pentru punerea în aplicare a „Legii lui Cuza", a fost adoptat un „Regulament", în data de **12 iunie 1866**, acesta nu a fost respectat. *Termenul de aplicare* a Sistemului Metric a suferit modificări stabilite prin următoarele legi [9]: „*Legea din 28 februarie 1875*", care prevedea aplicarea Sistemului Metric până la 1 ianuarie 1877; „*Legea din 14 februarie 1880*", care prelungea termenul de aplicare până la 1 ianuarie 1881; „*Legea din 22 martie 1884*", care stabilea ca termen limită de utilizare a unităţilor vechiului sistem de măsuri şi greutăţi data de 1 iulie 1884.

Generalizarea aplicării prevederilor Legii din 1864 a fost realizată în a II-a jumătate a anului 1884 (în Muntenia, Moldova şi Oltenia: 1 iulie 1884; în Dobrogea: 1 ianuarie 1885), coordonarea acţiunilor implicate realizâdu-se de către Birourile urbane şi rurale de verificare a măsurilor şi greutăţilor care alcătuiau aşa-zisul „Serviciu exterior" (de metrologie) aflat în subordinea Ministerului agriculturii, industriei, comerţului şi domeniilor. Începând din **1921**, utilizarea unităţilor de măsură metrice s-a făcut în conformitate cu „*Legea pentru aplicarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi pe întreg Regatul României cu provinciile unite*".

• În scopul asigurării mai bunei răspândiri a unităţilor metrice şi al mai bunei desfăşurări a activităţilor de aplicare a Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi au fost luate, în **anii 1890,** unele măsuri organizatorice considerate adecvate. Astfel, în **1889** a fost creat Serviciul Central de Măsuri şi Greutăţi (SCMG). Ulterior, SCMG a suferit transformări şi schimbări de structură şi denumire. În **1921**, activitatea de metrologie din România era coordonată de Direcţia Generală a Măsurilor şi Greutăţilor (DGMS).

• Neajunsurile în utilizarea unităţilor de măsură metrice legate, în principal, de lipsa etaloanelor şi chiar a mijloacelor de măsurare de lucru s-au

menţinut în România şi după **1944**. Aplicarea generalizată a Sistemului Metric a început a se face, după cel de-al II-lea război mondial, în baza Decretului Prezidiului Marii Adunări Naţionale nr. 394/**1952**. Anterior, prin Decretul nr. 69/**1950** fusese abrogată Legea din 1921. Tot în baza acestui decret a fost creată, în 1952, Direcţia Generală de Metrologie (DGM), care avea în componenţă INM şi DVM (Direcţia verificări aparate de măsurat, denumită ulterior Direcţia Verificări Metrologice) şi realizarea unui progres incontestabil în dezvoltarea metrologiei în România.

• Deşi nu s-a aplicat efectiv, începând de la 1 ianuarie 1866, cum prevedea „Legea lui Cuza", moment istoric celebrat, în acest an, în „*Ziua metrologiei*", *adoptarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi în România a reprezentat o mare victorie tehnico-ştiinţifică*, ale cărei efecte au făcut posibilă alăturarea, în anii ce au urmat, efortului mondial de unificare a unităţilor de măsură metrice.

4 Convenţia Metrului şi organele sale – instrumente ale unificării internaţionale a unităţilor de măsură

Un rol deosebit în favoarea adoptării universale a Sistemului Metric de unităţi l-a avut Comitetul de Măsuri şi Greutăţi şi de Monezi (Comité des Poids et Mesures et Monaies), creat în **1867**, de un grup de savanţi, cu prilejul Expoziţiei Universale de la Paris [2, 10]. De asemenea, o contribuţie de o importanţă aparte la realizarea uniformităţii unităţilor de măsură în lume a reprezentat-o, este de subliniat, convocarea de către guvernul francez, în **1869**, la Paris, a unei Conferinţe Internaţionale a Metrului, ale cărei lucrări, începute în 1870, dar întrerupte din cauza războiului franco-german, au fost reluate în 1872, în prezenţa unor delegaţi din 30 de state, care au confirmat hotărârea ce fusese adoptată anterior privind realizarea unor noi prototipuri etalon ale unităţilor „metru" şi „kilogram". Noilor etaloane li s-au aplicat corecţii de 0,2 mm, respectiv – 0,000 028 kg, urmare a unor modificări survenite în valorile vechilor etaloane în cei peste 70 de ani scurşi de la depunerea lor, în **1799**, la Arhivele Franţei. S-a realizat un număr mare de etaloane-copii, toate dintr-un aliaj special din platină cu 10 % iridiu, în vederea difuzării lor potenţialelor state interesate.

• În ziua de **20 mai 1875**, zi devenită istorică, a fost semnată la Paris, *Convenţia Metrului*, un tratat diplomatic internaţional cu deosebită influenţă asupra evoluţiei metrologiei în lume şi, ca urmare, asupra progresului şi civilizaţiei în anii ce au urmat, inclusiv în anii noştri. A fost realizat, atunci, un important pas în unificarea mondială a unităţilor de măsură metrice. Semnarea acestui tratat a fost făcută de reprezentanţii a 17 state, între ei şi savanţi, participanţi la Conferinţa Diplomatică a Metrului, ale cărei lucrări au început la Paris, din iniţiativa guvernului francez, la **1 martie 1875**.

Cele 17 state ai căror reprezentanţi au semnat Convenţia Metrului, la 20 mai 1875, au fost, în ordine alfabetică, Argentina, Austro-Ungaria, Belgia, Brazilia, Danemarca, Elveţia, Franţa, Germania, Italia, Peru, Portugalia, Rusia, Spania, Statele Unite ale Americii, Suedia şi Norvegia, ca singur stat, Turcia şi Venezuela. Dintre aceste state, Peru s-a retras din Convenţie în 1956, Brazilia a ratificat adeziunea în 1920, s-a retras în 1932 şi a redevenit membru al Convenţiei în 1954, Turcia s-a retras în 1889 şi a readerat la Convenţie în 1933, iar Venezuela s-a retras în 1906 şi a redevenit membru al Convenţiei în 1960. În prezent sunt membre ale Convenţiei Metrului 51 de state.

Convenţia Metrului, împreună cu Regulamentul de aplicare anexat, care este o parte integrantă a sa, **a reprezentat o „expresie a dorinţei unanime a statelor semnatare de asigurare a unificării internaţionale şi de perfecţionare a Sistemului Metric"** [2, 10, 11].

• Prin Convenţia Metrului a fost creat Biroul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM), laborator ştiinţific şi permanent în domeniul metrologiei, care este finanţat de statele membre ale Convenţiei Metrului. Sediul BIPM este situat la Sèvres, lângă Paris, pe un domeniu pus la dispoziţie de guvernul francez. BIPM, a cărui misiune este să asigure unificarea mondială a măsurărilor mărimilor fizice, îşi desfăşoară activitatea sub conducerea directă şi supravegherea exclusivă a Comitetului Internaţional de Măsuri şi Greutăţi (Comité International des Poids et Mesures, CIPM).

Constituit, în prezent, din 18 experţi ştiinţifici, oameni de ştiinţă şi metrologi eminenţi, care aparţin unor ţări diferite, membre ale Convenţiei Metrului, fără a fi, însă, în vreun fel, reprezentanţi oficiali ai ţărilor lor, CIPM se află, ca şi BIPM, sub autoritatea Conferinţei Generale de Măsuri şi Greutăţi (Conférence Générale des Poids et Mesures,

CGPM). CIPM se reuneşte, în prezent, anual. Până în 2001 au avut loc 90 de reuniuni.

Scopul CGPM este să aprobe rezultatele noilor determinări metrologice fundamentale şi să adopte hotărâri ştiinţifice de importanţă internaţională precum şi hotărâri importante cu privire la dotarea, organizarea şi dezvoltarea BIPM. Cel mai important obiectiv al CGPM îl constituie, în prezent, discutarea şi stabilirea măsurilor necesare pentru asigurarea propagării şi perfecţionării SI – formă modernă a Sistemului Metric.

CGPM are în componenţă delegaţii ale tuturor guvernelor statelor membre ale Convenţiei Metrului şi se reuneşte, începând din **1967**, la fiecare 4 ani. Prima CGPM a avut loc în **1889**, iar ultima, cea de-a 21-a, a avut loc în **1999**. Următoarea CGPM este programată a avea loc în 2003.

Preşedinţia CGPM este încredinţată preşedintelui în exerciţiu al Academiei de Ştiinţe din Paris.

Sunt prezentate, de asemenea, în Convenţie, pentru BIPM, atribuţiile şi structura, condiţiile de conservare a prototipurilor etalon şi cele de acces la acestea precum şi atribuţiile de stabilire a noi etaloane metrice şi de efectuare a comparărilor internaţionale ale etaloanelor pentru asigurarea uniformităţii măsurărilor în lume.

Mai sunt cuprinse în Convenţie prevederi privind taxele de întreţinere a BIPM şi CIPM de către statele membre şi modalităţile de stabilire a părţilor contributive ale fiecărui stat în parte. Aceste state beneficiază, în schimb, de servicii gratuite: etalonări, comparări de etaloane, stagii de informare şi perfecţionare a specialiştilor la BIPM etc.

Convenţia Mètrului adoptată la **20 mai 1875** a fost modificată printr-o Convenţie Internaţională semnată la Sèvres, la **6 octombrie 1921**. A fost, de asemenea, modificat, în anii **1907**, **1921** şi **1960**, Regulamentul anexat Convenţiei.

• CIPM, a cărui principală misiune este să asigure unificarea mondială a unităţilor de măsură, s-a preocupat imediat după constituire, prima sa reuniune având loc în **1875**, de pregătirea realizării prototipurilor etalon şi a diferitelor copii ale „metrului" şi „kilogramului". Astfel, a fost posibil ca în **1889**, la 1-a CGPM, să se distribuie, prin tragere la sorţi, prototipuri etalon naţionale statelor membre ale Convenţiei Metrului, inclusiv României, şi să se aprobe cele două prototipuri ale „metrului" şi „kilogramului" care s-au păstrat, în continuare, la BIPM şi au fost considerate ca bază a Sistemului Metric. România a primit, în **1891**, „kilogramul copie nr. 2", şi, în **1895**, „metrul copie nr. 6". Aceste etaloane se află în păstrare, în condiţii de referinţă, la INM.

• Începând din **1927**, CIPM este ajutat în activitatea sa de Comitete Consultative (Comités Consultatifs, CC), în prezent în număr de 10, pentru diferite domenii ale metrologiei. Specificate în ordinea constituirii, dar cu denumirile actuale, cu precizarea anului constituirii/primirii noii denumiri, acestea sunt: CCEM (CC de electricitate şi magnetism), 1927/**1997**; CCPR (CC de fotometrie şi radiometrie), 1933/**1971**; CCT (CC de termometrie), 1937; CCL (CC de lungimi), 1952/**1997**; CCTF (CC de timp şi frecvenţă), 1956/**1997**; CCRI (CC de radiaţii ionizante), 1958/**1997**; CCU (CC de unităţi), 1954/**1964**; CCM (CC de masă şi mărimi conexe), **1980**; CCQM (CC pentru cantitate de substanţă), **1993** şi CCAUV (CC de acustică, ultrasunete şi vibraţii), constituit în **1998**. Comitetele Consultative au un regulament comun de funcţionare care este prezentat în lucrarea BIPM, Procès-Verbaux CIPM, 1963, 31, 97. Ele se întrunesc, la intervale neregulate, în funcţie de necesităţi. Preşedintele fiecărui CC este, de regulă, membru al CIPM şi este desemnat de acesta. Criteriile de îndeplinit pentru acordarea calităţii de membru al unui CC sunt prezentate, de asemenea, în lucrarea BIPM, Procès-Verbaux CIPM, 1996, 64, 6.

5 Aderarea României la Convenţia Metrului. Prezenţe şi contribuţii româneşti în organele acestui tratat internaţional, în promovarea şi utilizarea unităţilor de măsură metrice în România

• *România* a aderat la Convenţia Metrului în **1883**, prin „*Legea pentru aderarea Regatului României la Convenţia Metrului din 20 mai 1875*". Această lege, votată de Camera Deputaţilor la data de 23 februarie 1883 şi de Senat la data de 28 februarie a aceluiaşi an, a fost publicată în Monitorul Oficial din 10 martie 1883. România a devenit cel de-al 19-lea stat membru al Convenţiei Metrului. (Cel de-al 18-lea stat membru a devenit Iugoslavia, în 1879). În această calitate, România a achitat, la data de 6 septembrie 1883, întreaga parte contributivă a taxelor ce i-ar fi revenit dacă ar fi semnat Convenţia în 1875 [9, 12, 13, 14]. A avut loc, atunci, **al doilea moment important al istoriei unităţilor metrice în România**.

• România, în calitatea sa de stat membru al Convenţiei Metrului, a fost reprezentată şi a avut o contribuţie apreciată la toate CGPM.

România a avut, de asemenea, o reprezentare onorantă în activitatea CIPM. Între cele peste 150 de personalităţi ştiinţifice, membri ai CIPM, care au aparţinut statelor membre ale Convenţiei Metrului, au fost şi doi români: **Ştefan C. Hepites** şi **Constantin Stătescu**. Ştefan C. Hepites, al 31-lea membru al CIPM, de la constituirea acestuia, în ordinea desemnării, s-a bucurat de această calitate în perioada **1894-1922**, între anii 1918 şi 1920 fiind secretar ad-interim, iar între anii 1920 şi 1922 secretar al CIPM, funcţie pe care au avut-o în 125 de ani de existenţă a CIPM doar zece personalităţi ştiinţifice din statele membre ale Convenţiei Metrului. Ştefan C. Hepites, academician, a fost primul conducător al SCMG. La rândul său, Constantin Stătescu, profesor de fizică la Universitatea din Bucureşti, unul din succesorii lui Ştefan C. Hepites la conducerea SCMG şi, în continuare, a DGMG, a fost membru al CIPM între anii **1928** şi **1959**, reprezentând a 60-a personalitate ştiinţifică din statele membre ale Convenţiei Metrului desemnată în această funcţie.

Se poate considera că metrologia din România a avut o reprezentare onorantă în Organele Convenţiei Metrului şi prin aceea că în anii **1980** Institutul Naţional de Metrologie (INM) a fost nominalizat de CIPM să participe la lucrările CCE (în prezent CCEM). Aceasta s-a datorat faptului că laboratorul de metrologia mărimilor electrice al INM îndeplinea, prin rezultatele obţinute în activitatea sa, cerinţele a căror satisfacere este absolut necesară pentru a accede într-un Comitet Consultativ.

• În ciuda unor dificultăţi, în primul rând de natură tehnico-materială, cu care s-a confruntat cercetarea ştiinţifică, inclusiv cea universitară în anii de după aderarea României la Convenţia Metrului, îndeosebi după cel de-al II-lea război mondial, inteligenţa românească a izbutit să îşi aducă importante contribuţii în ştiinţă şi tehnică, în ştiinţa măsurărilor chiar, în consens cu obiectivul fundamental al CIPM de „unificare mondială a unităţilor de măsură". Acţiunile întreprinse şi lucrările realizate în România în domeniul metrologiei şi/sau în domeniul învăţământului universitar, în perioada de după cel de-al II-lea război mondial şi până la adoptarea precum şi după adoptarea Sistemului Internaţional de Unităţi (SI), reprezintă contribuţii de seamă la aplicarea şi perfecţionarea unităţilor de măsură metrice. Lui **Constantin I. Budeanu**, academician, care, evidenţiind rolul metrologiei în ştiinţă şi tehnică, spunea că „Raţionamentul cantitativ nu se poate aplica cu o exactitate valabilă decât numai mărimilor ce se pot încadra în procedeele metrologiei", i se datorează susţinerea, împreună cu alte personalităţi ştiinţifice din lume, a propunerii făcute în **1930**, la o reuniune a Comitetului Electrotehnic Internaţional (Commission Électrotechnique Internationale, CEI), de a se adopta unitatea de măsură var, (cu simbolul VAR), a cărei denumire derivă de la cuvintele din limba engleză „volt amper reactiv", pentru unitatea de putere electrică reactivă. Tot lui i se datorează o lucrare necesară şi apreciată în anii **1950**, care se referea la „Sistemul practic general de unităţi de măsură" [15]. **Remus Răduleţ**, academician, personalitate ştiinţifică de excepţie, a îndeplinit mulţi ani funcţii de conducere în CEI: în perioada **1961-1964** a fost vicepreşedinte, iar în perioada **1964-1967** a fost preşedinte. În această calitate a avut o puternică influenţă în acţiunile de aplicare în lume a Sistemului Internaţional de Unităţi (SI), care a fost adoptat în 1960.

Au fost, de asemenea, reprezentativi, în anii **1950-1960**, printr-o susţinută activitate desfăşurată în domeniul metrologiei şi/sau prin lucrări cu privire la Sistemul Metric şi unităţile de măsură metrice, prezentaţi în ordine alfabetică, Radu Grigorovici [16], Nicolae Ilioiu [5, 9, 13, 17], Gheorghe Ivanovici [7, 9, 12, 14, 17], Nicolae Leonăchescu [8], Constantin Manea [18], Mircea Oncescu [16, 19], Ion Plăcinţeanu [20], Alexandru N. Popescu [21]. În cadrul OSS a fost elaborată, de către I. Faur şi Gh. Constantinescu, o lucrare al cărei obiect îl constituiau factorii şi tabelele de transformare, între ele, a unităţilor de măsură ale mărimilor geometrice şi mecanice [22].

• O contribuţie de bază în promovarea unităţilor metrice în România au avut, începând din anii **1950-1960**, organele de stat din domeniul metrologiei şi al standardizării, respectiv Oficiul de Stat pentru Metrologie (OSM) şi Oficiul de Stat pentru Standardizare (OSS). OSM şi OSS au funcţionat, împreună, în perioada **1957-1968**, în cadrul Direcţiei Generale pentru Metrologie, Standarde şi Invenţii (DGMSI), care a fost constituită, în 1957, prin transformarea DGM în OSM şi unirea acestuia cu OSS şi OSI (Oficiul de Stat pentru Invenţii). În perioada **1968-1971**, OSM şi OSS au funcţionat în

cadrul Direcţiei Generale pentru Metrologie şi Standardizare (DGMS).

• În cadrul OSM, contribuţii semnificative în *dezvoltarea metrologiei ştiinţifice şi a metrologiei legale*, implicit în promovarea şi perfecţionarea unităţilor metrice, obiective definitorii pentru activitatea INM şi a DVM, au avut, în anii de după cel de al II-lea război mondial, **Nicolae Ilioiu** – primul director general al DGM, în perioada **1952-1957**, şi apoi director general adjunct, în calitate de conducător al OSM, în cadrul DGMSI, în perioada **1957-1967**; **Alexandru N. Popescu**, care în anii **1940-1960** a îndeplinit funcţiile de conducător al DGMG, consilier al OSM, director ştiinţific şi director al INM şi director adjunct al DVM; **Gheorghe Ivanovici** – consilier ştiinţific şi conducător al compartimentului de metrologie legală. Alexandru N. Popescu a fost titularul primului **curs de metrologie** prezentat studenţilor de la această specialitate, la Facultatea de Fizică a Universităţii din Bucureşti, în anii universitari 1952-1956.

Numelor acestor „ostaşi ai metrologiei române", pe care i-am cunoscut în calitatea lor de profesori şi/sau mentori precum şi de colaboratori, chiar colegi, le pot fi adăugate, prezentate în ordine alfabetică, fără pretenţia de a face o nominalizare completă, următoarele personalităţi: Ion Angelescu, Mihai Bârcă, Gheorghe Costeanu, Virgil Cristescu, Gheorghe Eliade, Socrate Manolescu, Florin Oniţiu, Angela Papu, Ciril Petrescu, Max Solomon, care au avut diferite funcţii de conducere în INM şi DVM. Gheorghe Costeanu, Gheorghe Eliade şi Florin Oniţiu au avut, totodată, funcţii universitare.

• Generaţii întregi de specialişti, care şi-au făcut un crez din *metrologia ştiinţifică şi metrologia legală*, în anii de activitate desfăşurată în echipă, în cadrul OSM, au învăţat de la personalităţile ale căror nume le-am evocat cum să muncească pentru asigurarea uniformităţii unităţilor de măsură şi a corectitudinii şi exactităţii măsurărilor mărimilor fizice.

• Rezultatele obţinute de OSM, prin activităţi specifice desfăşurate de INM şi DVM, în vederea realizării de etaloane de diferite ordine de exactitate şi a asigurării trasabilităţii valorilor acestora şi a rezultatelor măsurărilor la etaloane naţionale şi/sau etaloane internaţionale, au fost prezentate la prima manifestare ştiinţifică internaţională în domeniul metrologiei, care a fost organizată în ţara noastră, în zilele de **16-18 septembrie 1966**, cu prilejul celebrării a **100 de ani** de la aplicarea Sistemului Metric în România [23].

Data: 2001-10-01

REFERINŢE

[1] International Organization for Standardization [ISO], The International vocabulary of basic general terms in metrology (VIM), the second edition, 1993 [în versiune română: SR 13251:1996, Vocabular internaţional de termeni fundamentali şi generali în metrologie (responsabili de proiect: Gheorghe P. Ispăşoiu şi Aurel Millea)]

[2] Bureau International des Poids et Mesures, Cent ans de métrologie, Imprimerie Durand, 1975

[3] *Frederick D. Rossini*, Fundamental Measures and Constants for Science and Technology, CRC Press Inc., Cleveland-Ohio, 1974

[4] *Douglas V. Frost*, From Finger Counting to the Metric System, Applied Optics, vol. 5, No. 8, 1966, pp 257 – 258

[5] *N. Ilioiu*, 100 de ani de la introducerea Sistemului Metric în România, Metrologia aplicată, vol. 13 (1966), nr. 8 - 9, pp 341 – 358

[6] *N. Stoicescu*, Măsurile şi instrumentele medievale de măsurat din Moldova, Metrologia aplicată, vol. 12 (1965), nr. 5 - 7

[7] *Gh. Ivanovici*, Din istoricul metrologiei române: Ioan Ghica, Metrologia aplicată, vol. 10 (1963), nr. 4, pp 145-147

[8] *Nicolae P. Leonăchescu*, Bătălia pentru Sistemul Metric, Editura Ion Creangă, Bucureşti, 1986

[9] *N. Ilioiu* şi *Gh. Ivanovici*, Istoria metrologiei în România (până în 1944), Manuscris, 1980, p. 431

[10] *Louis Marquet*, Le Centenaire de la Convention du Mètre, Revue de Métrologie Pratique et Légale, nr. 5, 1975, pp 706 - 713

[11] Comité Consultatif des Unités (CCU), Rapport de la 13^{e} session (septembre 1998)

[12] *Gh. Ivanovici*, Pagini de istorie. Aderarea României la Convenţia Metrului, Metrologia aplicată, vol. 13 (1966), nr. 4, pp 179 - 181

[13] *N. Ilioiu*, 100 de ani de la adoptarea Convenţiei Metrului, Metrologia aplicată, vol. XXII, nr. 2, 1975, pp 55-57

[14] *Gh. Ivanovici*, Aderarea României la Convenţia Metrului, Metrologia aplicată, vol. XXII, nr. 2, 1975, pp 58-60

[15] *Constantin I. Budeanu*, Sistemul practic general de mărimi şi unităţi. Teorie şi aplicare, Editura Academiei Republicii Populare Române, 1956

[16] *Radu Grigorovici* şi *Mircea Oncescu*, Mărimi şi unităţi în fizică, vol. II, Editura Tehnică, Bucureşti, 1958

[17] *N. Ilioiu* şi *Gh. Ivanovici*, Memorator de metrologie, vol. I, Editura Tehnică, Bucureşti, 1965

[18] *Constantin Manea* (în colaborare cu Constantin Bodin şi Cornel Buzatu), Unităţi de măsură, Editura Militară, 1968

[19] *Mircea Oncescu*, Mărimi şi unităţi în fizică, Editura Tehnică, Bucureşti, 1955

[20] *Ion Plăcinţeanu*, Mărimi fizice şi unităţile lor de măsură, Editura M.F.A., 1954

[21] *Alexandru N. Popescu*, Candela şi etalonul primar de lumină, Metrologia aplicată, nr. 4, 1959

[22] Biblioteca Standardizării, Mărimi geometrice şi mecanice. Unităţi de măsură, factori de transformare şi tabele de transformare, Editura Tehnică, Bucureşti, 1957

[23] Centenarul introducerii Sistemului Metric în România, Metrologia aplicată, vol. 13 (1966), nr. 8-9, pp 337-432

SISTEMUL INTERNAȚIONAL DE UNITĂȚI (SI) – REFERENȚIAL MONDIAL ÎN MĂSURĂRILE MĂRIMILOR FIZICE

Fănel IACOBESCU*)

Abstract: *The paper presents the most important moments of the history of the adoption and development of the International System of Units (SI). Main aspects of the actions undertaken in Romania and in other countries for the application of the SI units are also discussed.*

Résumé: *L'article présente les moments les plus importants de l'histoire de l'adoption et de l'évolution du Système international d'unités (SI). En même temps, sont présentés des aspects définitoires des actions entreprises en Roumanie et dans le monde pour l'application des unités SI.*

1 Introducere

• *Un prim moment din istoria mondială a unităților de măsură metrice* cu efecte pozitive remarcabile asupra progresului tehnico-științific în metrologie, în toate domeniile de activitate ce implică măsurări, l-a reprezentat, după crearea Sistemului Metric de măsuri și greutăți, în **1799**, în Franța, semnarea, la **20 mai 1875**, de către reprezentanții a 17 state, a Convenției Metrului – tratat diplomatic internațional prin care statele semnatare s-au angajat să asigure „unificarea internațională și perfecționarea Sistemului Metric" [1, 2, 3, 4, 5].

Organele Convenției Metrului – Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM), Comitetul Internațional de Măsuri și Greutăți (Comité International des Poids et Mesures, CIPM) și Conferința Generală de Măsuri și Greutăți (Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM), au îndeplinit în mod remarcabil, în anii de după momentul 20 mai 1875, devenit moment istoric de referință în metrologie, misiunea lor comună de „asigurare a uniformității unităților de măsură și a măsurărilor" în lume. Acest obiectiv a fost realizat în permanentă și strânsă colaborare cu instituții/institute (sau laboratoare) naționale de metrologie create în state membre ale Convenției Metrului după modelul BIPM. O expresie a recunoașterii efectelor pozitive, incomensurabile, ale adoptării Convenției Metrului o reprezintă hotărârea adoptată de cea de-a 21-a CGPM (**1999**) ca acest moment istoric să fie celebrat, în fiecare an, în ziua de **20 mai**, zi declarată *„Ziua mondială a metrologiei"* [6]. Această celebrare a avut loc, pentru prima oară, în **2001** și s-a desfășurat la Paris.

• *Cel de-al doilea moment din istoria mondială a unităților de măsură metrice și a asigurării uniformității internaționale a măsurărilor mărimilor fizice* l-a reprezentat adoptarea, în **1960**, de cea de-a 11-a CGPM, a Sistemului Internațional de Unități (SI) [1].

• În România a avut loc, în acest an, celebrarea a **135 de ani** de la aplicarea legală, începând de la **1 ianuarie 1866**, a Sistemului Metric de unități de măsură, prin *„Legea pentru adoptarea Sistemului Metric de măsuri și greutăți în România"*, promulgată de domnitorul Alexandru Ioan Cuza, la **15 septembrie 1864**. De asemenea, în acest an, a avut loc celebrarea a **40 de ani** de la adoptarea de către România, în data de **30 august 1961**, a Sistemului Internațional de Unități (SI).

Celebrarea celor două momente din istoria unităților de măsură metrice în România, împreună cu

*) Biroul Român de Metrologie Legală, Șos. Vitan Bârzești nr. 11, sectorul 4, București.

celebrarea împlinirii a **50 de ani** de la înfiinţarea, în **1951,** a Institutului Naţional de Metrologie (INM), s-au desfăşurat în luna septembrie, în cadrul manifestărilor ce au fost organizate de BRML (Biroul Român de Metrologie Legală), sub coordonarea Ministerului Industriei şi Resurselor, cu prilejul sărbătoririi, pentru prima oară în ţara noastră, a *„Zilei metrologiei"* [5].

• Rezultatele obţinute în utilizarea internaţională a unităţilor metrice şi a unităţilor SI conferă certitudine în a spune că, aşa cum, fapt dovedit ulterior, *metrul* este *„unitate de măsură pentru toate timpurile, pentru toate popoarele"*, cum era înscrisul de pe Medalia Sistemului Metric realizată în Franţa, în **1840**, tot aşa unităţile Sistemului Internaţional de Unităţi – formă modernă a Sistemului Metric pot fi, la rândul lor, considerate *„unităţi de măsură pentru toate timpurile, pentru toate popoarele"* [5].

2 Scurt istoric al adoptării SI de către CGPM

• Momentul adoptării Sistemului Internaţional de Unităţi (SI) a fost precedat, în mod firesc, de alte multe momente, fiecare cu o semnificaţie proprie notabilă, care au pregătit şi anticipat, în acelaşi timp, ajungerea la o nouă etapă istorică în promovarea şi utilizarea unităţilor de măsură metrice în lume. După crearea Sistemului Metric în Franţa, atât până în 1875 cât şi după 1875 au existat momente în care savanţi de renume internaţional din diferite ţări au acţionat susţinut în favoarea adoptării, difuzării şi aplicării Sistemului Metric în ţările lor şi, totodată, pentru perfecţionarea acestui sistem de unităţi şi extinderea lui în toate ţările. S-a ajuns, în acest fel, ca numărul ţărilor care au adoptat Sistemul Metric să crească de la 30, câte erau în **1875**, între ele şi *România*, la peste 70 în **1960** şi la peste 125 în **1975** [5, 7].

În prezent, la **200 de ani** de la crearea Sistemului Metric, unităţile de măsură metrice sunt utilizate în întreaga lume. Aceste unităţi sunt recomandate spre utilizare, cel puţin în relaţiile ştiinţifice şi culturale cu ţări partenere, chiar şi de ţări ale căror principale unităţi de măsură au fost nemetrice şi în care opoziţia faţă de orice încercare de a se renunţa la acestea a fost mereu puternică, din motive obiective, în primul rând de natură tehnico-economică, dar şi din motive excesiv de subiective, între acestea conservatorismul şi inerţia. Este vorba de ţări în care au fost utilizate, în exclusivitate, sistemele de unităţi anglo-saxon/imperial şi american.

• Un moment care a marcat semnificativ începutul dezvoltării şi perfecţionării Sistemului Metric l-a reprezentat cel al propunerii făcute, în **1832**, de Carl Friedrich Gauss, matematician, fizician şi astronom german, de a se asocia la Sistemul Metric unitatea *secundă*, care era definită, în astronomie, ca fiind „fracţiunea 1/86 400 din ziua solară medie", şi constituirea, în acest fel, a unui *sistem de unităţi coerent*, în înţelesul de acum al acestui concept, pentru ştiinţele fizice [8]. Gauss a utilizat, primul, sistemul de unităţi care avea la bază, ca unităţi fundamentale, unităţile mecanice *milimetru* pentru lungime, *gram* pentru masă şi *secundă* pentru timp în măsurările absolute ale câmpului magnetic terestru.

• În **1860**, James Clark Maxwell, fizician, şi William Thomson (Lord Kelvin), fizician şi matematician, ambii englezi, au exprimat, prin Asociaţia Britanică pentru Progresul Ştiinţei (British Association for the Advancement of Science, BAAS), ideea unui sistem coerent de unităţi format din *unităţi fundamentale* şi *unităţi derivate*, în înţelesul pe care îl au aceste concepte în zilele noastre [1, 8]. În **1874**, BAAS a utilizat, ca urmare, sistemul de unităţi CGS, bazat pe unităţile mecanice fundamentale *centimetru*, *gram* şi *secundă*, şi, totodată, prefixe pentru formarea de submultipli şi multipli zecimali ai acestor unităţi, începând de la *micro* (10^{-6}) până la *mega* (10^{6}).

• În **anii 1880**, BAAS şi Congresul Internaţional de Electricitate, care a devenit, ulterior, Comitetul Electrotehnic Internaţional (Commission Électrotechnique Internationale, CEI), au aprobat un *sistem practic şi coerent de unităţi*, între ale cărui unităţi erau şi unităţile electrice *ohm*, *volt* şi *amper*.

• În **1889**, 1-a CGPM a aprobat Prototipurile Internaţionale ale metrului şi kilogramului, care au fost selecţionate dintre prototipurile etaloanelor ce materializau aceste unităţi, realizate, sub îngrijirea CIPM, după 1875. De atunci, unităţile mecanice

metru, *kilogram* şi *secundă* au devenit unităţi fundamentale în sistemul de unităţi MKS. În continuare, CIPM, direct sau prin Comitetele Consultative (Comités Consultatifs, CC) ale sale, şi CGPM, la recomandarea CIPM, precum şi BIPM, ale cărui atribuţii au fost extinse, în **1921**, prin hotărârea celei de-a 6-a CGPM, la alte domenii de mărimi fizice decât cele ale lungimii şi masei, inclusiv la domeniul mărimilor conexe acestora, au contribuit la pregătirea şi adoptarea unor hotărâri şi/sau măsuri ce au condus la dezvoltarea şi perfecţionarea Sistemului Metric şi la adoptarea, de către CGPM, după **85 de ani** de la adoptarea Convenţiei Metrului, a Sistemului Internaţional de Unităţi (SI) [1, 3].

• În **1901,** cea de-a 3-a CGPM, pentru a elimina orice ambiguitate între conceptele „masă" şi „greutate", a făcut următoarele precizări:

a) „kilogramul" este unitate de masă; el este egal cu masa Prototipului Internaţional al kilogramului;

b) conceptul „greutate" desemnează o mărime de aceeaşi natură cu o forţă; greutatea unui corp este egală cu masa corpului înmulţită cu acceleraţia gravitaţională.

De asemenea, în acelaşi an, Ascanio Giorgi, italian, profesor universitar de inginerie electrică, a propus ca unităţilor mecanice *metru*, *kilogram* şi *secundă* ale sistemului MKS să le fie asociată o unitate din sistemul practic de unităţi electrice, respectiv *amperul* sau *ohmul* pentru a forma un sistem de unităţi bazat pe patru unităţi fundamentale. Totodată, a fost făcută propunerea ca unităţile de măsură ale unor mărimi electrice şi magnetice să fie raţionalizate.

• În **1939**, Comitetul Consultativ de Electricitate (Comité Consultatif d'Électricité, CCE), care a fost creat în **1927**, prin hotărârea celei de-a 7-a CGPM, şi care, începând din **1997,** este denumit Comitetul Consultativ de Electricitate şi Magnetism (Comité Consultatif d'Électricité et Magnétism, CCEM) [2, 5], a recomandat, având în vedere propunerile lui Giorgi, pe care le-au examinat CEI, Uniunea Internaţională de Fizică Teoretică şi Aplicată (Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, UIPPA) şi alte Organizaţii Internaţionale, să se adopte *sistemul de unităţi MKSA* raţionalizat, respectiv sistemul bazat pe următoarele unităţi fundamentale: *metru* pentru lungime, *kilogram* pentru masă, *secundă* pentru timp şi *amper* pentru intensitatea curentului electric. Propunerea aceasta a fost adoptată de CIPM în **1946**.

• Întreruptă din cauza celui de-al II-lea război mondial, activitatea Organelor Convenţiei Metrului a continuat, în mod susţinut şi cu rezultate considerate de excepţie, după **1948**. Se simţea, atunci, nevoia imperioasă a unificării internaţionale a unităţilor de măsură, întrucât se ajunsese la o diversitate a sistemelor de unităţi similară cu diversitatea excesivă a unităţilor de măsură existentă în secolele al 18-lea şi al 19-lea. Se aflau în uz, în afara sistemelor CGS, MKS şi MKSA, alte sisteme de unităţi care erau, de asemenea, derivate din Sistemul Metric, respectiv sistemele MTS, MKfS, $CGS\varepsilon_0$, $CGS\mu_0$, precum şi sisteme de unităţi bazate pe următoarele unităţi fundamentale: *foot* (ft), *pound* (lb) sau *pound force* (lbf) şi *secundă* (s) [4].

În **1948**, cea de-a 9-a CGPM a împuternicit CIPM să întreprindă o anchetă oficială privind opinia mediilor ştiinţifice, tehnice şi pedagogice din toate ţările cu privire la oportunitatea adoptării unui sistem practic de unităţi, susceptibil a fi aplicat în ţările membre ale Convenţiei Metrului.

• În **1954**, cea de-a 10-a CGPM, luând în considerare hotărârea sa din **1948**, a adoptat ca unităţi fundamentale ale sistemului practic de unităţi următoarele şase unităţi: *metru* (m) pentru lungime, *kilogram* (kg) pentru masă, *secundă* (s) pentru timp, *amper* (A) pentru intensitatea curentului electric, grad kelvin [denumit *kelvin*, prin hotărârea celei de-a 13-a CGPM **(1967-1968)**] pentru temperatura termodinamică şi *candelă* (cd) pentru intensitatea luminoasă. Cea de-a 14-a CGPM (**1971**) a adăugat celor şase unităţi SI fundamentale unitatea *mol* (mol) pentru cantitatea de substanţă.

• În **1960**, cea de-a 11-a CGPM, ţinând seama de recomandările CIPM din **1956** şi **1958** cu privire la sistemul practic de unităţi, a adoptat hotărârea ca acest sistem de unităţi să fie denumit *Sistemul Internaţional de Unităţi* şi această denumire să aibă prescurtarea internaţională *SI*. Crearea propriu-zisă a SI a avut, aşadar, loc nu în **1960** ci în **1954**.

Au fost, de asemenea, adoptate de cea de-a 11-a CGPM:

a) un număr de 27 unităţi derivate, între care 13 cu denumiri speciale şi simboluri proprii, făcându-se precizarea că „acestor unităţi li se pot adăuga altele în viitor", ceea ce s-a şi făcut la următoarele CGPM. Cele 13 unităţi derivate sunt următoarele: *hertz* (Hz) pentru frecvenţă; *newton* (N) pentru forţă; *joule* (J) pentru lucru mecanic, energie şi cantitate de căldură; *watt* (W) pentru putere; *coulomb* (C) pentru cantitatea de electricitate; *volt* (V) pentru tensiune electrică, diferenţă de potenţial şi tensiune electromotoare; *ohm* (Ω) pentru rezistenţa electrică; *farad* (F) pentru capacitatea electrică; *weber* (Wb) pentru fluxul inducţiei electrice; *henry* (H) pentru inductanţă; *tesla* (T) pentru inducţia magnetică; *lumen* (lm) pentru flux luminos şi *lux* (lx) pentru iluminare. Dintre cele 13 unităţi derivate, cu excepţia unităţilor hertz, newton, tesla, lumen şi lux, celelalte 8 au fost adoptate de CIPM, în **1946**.

b) unităţile *radian* (rad), pentru unghiul plan, şi *steradian* (sr), pentru unghiul solid, care au fost considerate, atunci, a constitui o clasă de „unităţi suplimentare". Aceste unităţi sunt tratate, începând din **1995**, printr-o hotărâre a celei de-a 20-a CGPM, ca unităţi SI derivate fără dimensiune, ale căror denumiri pot fi utilizate, după caz, dar nu în mod obligatoriu, în denumirile şi expresiile altor unităţi SI derivate.

c) prefixele şi simbolurile factorilor de multiplicare a unităţilor SI pentru formarea de submultipli şi multipli zecimali, începând de la 10^{-12} (*pico*, p) până la 10^{12} (*tera*, T), respectiv 10^{-9} (*nano*, n), 10^{-6} (*micro*, μ), 10^{-3} (*mili*, m), 10^{-2} (*centi*, c), 10^{-1} (*deci*, d), 10^{1} (*deca*, da), 10^{2} (*hecto*, h), 10^{3} (*kilo*, k), 10^{6} (*mega*, M) şi 10^{9} (*giga*, G).

• În **1962**, Organizaţia Internaţională de Standardizare (International Organization for Standardization, ISO) şi CEI şi-au exprimat acordul cu adoptarea SI şi au declarat că vor sprijini promovarea şi aplicarea acestui sistem de unităţi în lume. De asemenea, Organizaţia Internaţională de Metrologie Legală (Organisation Internationale de Métrologie Légale, OIML), constituită în 1955, inclusiv prin *contribuţia României*, care a aderat la această Organizaţie în **1956**, a recomandat adoptarea şi utilizarea unităţilor SI în ţările membre.

3 Calităţile, evoluţia, perfecţionarea şi aplicarea SI

• *Sistemul Internaţional de Unităţi (SI)*, adoptat în **1960** de reprezentanţii a 39 state membre ale Convenţiei Metrului, inclusiv *România*, care au luat parte la lucrările celei de-a 11-a CGPM, este constituit, în prezent, din următoarele clase de unităţi: *unităţi fundamentale*, în număr de şapte, considerate independente între ele, şi *unităţi derivate* [8].

Unităţile fundamentale şi *unităţile derivate* sunt desemnate, în ansamblu, prin denumirea de *unităţi SI*. De asemenea, prefixele adoptate de CGPM pentru formarea multiplilor şi submultiplilor zecimali ai unităţilor SI sunt denumite *prefixe SI*. Aceste recomandări au fost adoptate de CIPM, în **1969**.

• Definiţiile unităţilor SI fundamentale precum şi definiţiile unităţilor SI derivate, în primul rând unităţile cu denumiri speciale, şi, după caz, istoricul adoptării acestor unităţi de către CGPM fac obiectul unor lucrări cu privire la SI publicate de BIPM, dar şi obiectul altor lucrări, între care lucrările [3, 4, 7, 9]. De aceea, nu le prezentăm aici.

• *Unităţile SI*, ca şi unităţile Sistemului Metric, din care derivă SI, prezintă o serie de avantaje faţă de unităţile din alte sisteme de unităţi:

a) sunt practice, în ceea ce priveşte punerea în aplicare a definiţiilor cât şi utilizarea etaloanelor şi a mijloacelor de măsurare de lucru;

b) au multipli şi submultipli zecimali;

c) sunt coerente, în sensul că unitatea produsului sau câtului a două sau mai multe mărimi derivate este unitatea mărimii derivate rezultante.

• *SI* întruneşte, în plus, următoarea calitate: este un sistem de unităţi raţionalizate, el incluzând în sine însuşi sistemul MKSA raţionalizat propus de Georgi pentru utilizare în ştiinţele electrotehnice, sistem caracterizat prin aceea că unităţile unor mărimi electrice şi magnetice sunt alese astfel încât nici o expresie a unei legi generale a fenomenelor electrice şi magnetice să nu conţină factorul 4π (care este prezent în expresiile unităţilor de măsură neraţionalizate).

• *SI* este aplicabil în toate domeniile fizicii, numărul de unităţi fundamentale diferind, însă, de

la un domeniu la altul de mărimi fizice, în funcţie de diferenţa dintre numărul mărimilor specifice domeniului respectiv şi numărul de relaţii dintre aceste mărimi. De exemplu, în mecanică şi acustică sunt utilizate trei unităţi fundamentale: unităţile sistemului MKS; în electricitate şi magnetism sunt utilizate patru unităţi fundamentale, respectiv unităţile sistemului MKSA; în termodinamică sunt utilizate, de asemenea, patru unităţi fundamentale, respectiv unităţile sistemului MKS şi unitatea *kelvin*, pentru temperatura termodinamică; şi în fotometrie sunt utilizate patru unităţi fundamentale, dar cea de-a patra unitate fundamentală, asociată unităţilor sistemului MKS, este *candela*, unitate pentru intensitatea luminoasă; în domeniul mărimilor caracteristice chimiei fizice şi fizicii moleculare sunt utilizate cinci unităţi fundamentale, respectiv unităţile MKSA şi unitatea *mol*, pentru cantitatea de substanţă. SI este utilizat de fizicieni, ingineri şi tehnologi.

• O caracteristică de evidenţiat a SI constă în aceea că poate fi uşor expus celor ce sunt interesaţi să îl însuşească, în primul rând şcolari şi studenţi, şi poate fi însuşit şi aplicat cu uşurinţă. Punerea în practică a definiţiilor unităţilor SI, în primul rând a unităţilor fundamentale, se poate realiza studiind, totodată, cărţi, articole, ghiduri etc. A nu sprijini ideea promovării unor activităţi adecvate acestui scop, respectiv a unor activităţi de *metrologie legală*, înseamnă a nu acorda importanţa cuvenită problemei unităţilor de măsură, fără de care nu există, de fapt, *metrologie ştiinţifică, generală şi pe domenii, inclusiv metrologie industrială*.

• *SI* este, în esenţă, un sistem de unităţi ştiinţific, logic, bine definit şi uşor de utilizat, incomparabil mai simplu decât sistemele metrice precedente şi, de asemenea, faţă de sistemele de unităţi anglo-saxon/imperial şi american, care n-au avut câştig de cauză în competiţia de **200 de ani** cu Sistemul Metric şi cu forma modernă a acestuia – Sistemul Internaţional de Unităţi.

• *SI* mai întruneşte următoarea calitate: ca şi *Sistemul Metric*, este în permanentă perfecţionare, în concordanţă cu realizările din fizică, ştiinţă a cărei parte componentă este *metrologia-ştiinţă a măsurării*, dar şi cu aportul altor ştiinţe şi tehnici. Calitatea aceasta este demonstrată şi de faptul că, după adoptarea, în **1971**, a celei de-a şaptea unităţi fundamentale, i-au fost aduse următoarele îmbunătăţiri şi adăugiri:

a) a fost adoptată o nouă definiţie a metrului (de cea de-a 17-a CGPM, **1983**). Conform acestei definiţii, „metrul este lungimea drumului parcurs de lumină, în vid, într-un interval de timp egal cu 1/299 752 458 dintr-o secundă". Numărul 299 752 458 reprezintă valoarea numerică (exactă) a vitezei luminii în vid, exprimată în unitatea SI derivată „metru pe secundă". A fost abrogată, atunci, definiţia unităţii „metru", adoptată de cea de-a 11-a CGPM, care era bazată pe atomul de kripton 86 şi reprezenta, ea însăşi, un rezultat al abrogării definiţiei adoptate de 1-a CGPM, în conformitate cu care unitatea de lungime „metru" era bazată pe Prototipul Internaţional al metrului menţinut la temperatura de topire a gheţii [1, 5,10];

b) au fost adoptate noi definiţii pentru secundă şi kelvin, de cea de-a 13-a CGPM (**1967-1968**), şi pentru candelă, de cea de-a 16-a CGPM (**1979**);

c) au fost adăugate şase noi unităţi SI derivate, cu denumiri speciale şi simboluri proprii, la cele 15 existente, care sunt specificate în hotărârile celei de-a 11-a CGPM. Este vorba de următoarele unităţi: *pascal* (simbol Pa) pentru unitatea de presiune „newton pe metru pătrat" ($N \cdot m^{-2}$) şi *siemens* (S) pentru unitatea de conductanţă electrică „ohm la puterea minus unu" (Ω^{-1}), adoptate de cea de-a 14-a CGPM; *becquerel* (Bq) pentru unitatea de activitate a radionuclizilor „unu pe secundă" (s^{-1}), adoptată de cea de-a 12-a CGPM (**1964**); *gray* (Gy) pentru unitatea de doză absorbită „joule pe kilogram" ($J \cdot kg^{-1}$), adoptată de cea de-a 15-a CGPM (**1975**), care poate fi utilizată şi pentru exprimarea energiei masice communicate; *sievert* (Sv) pentru unitatea de echivalent al dozei „joule pe kilogram" ($J \cdot kg^{-1}$), adoptată de cea de-a 16-a CGPM (**1979**), şi *katal* (kat) pentru unitatea de activitate catalitică „mol pe secundă" ($mol \cdot s^{-1}$), adoptată de cea de-a 21-a CGPM (**1999**).

d) au fost adoptate, în mod excepţional, de cea de-a 16-a CGPM, două simboluri, respectiv simbolurile l şi L pentru unitatea de volum *litru* ($1 L = 1 dm^3$);

e) au fost adoptate, de cea de-a 18-a CGPM (**1987**), recomandări privind îmbunătăţirea de către CIPM,

sarcină îndeplinită în 1988, a prevederilor de reprezentare a voltului şi ohmului pe baza efectelor Josephson şi, respectiv, Hall cuantic;

f) au fost adăugate următoarele noi *prefixe SI* pentru formarea submultiplilor şi multiplilor zecimali ai unităţilor SI: 10^{-15} (*femto*, f) şi 10^{-18} (*atto*, a), de cea de-a 12-a CGPM (**1964**); 10^{15} (*peta*, P) şi 10^{18} (*exa*, E), de cea de-a 15-a CGPM (**1975**), şi 10^{-21} (*zepto*, z), 10^{-24} (*yocto*, y), 10^{21} (*zetta*, Z) şi 10^{24} (*yotta*, Y), de cea de-a 19-a CGPM (**1991**).

Trebuie menţionat şi faptul că CIPM, la rândul său, a făcut precizări, în **1997**, în legătură cu realizarea metrului în conformitate cu definiţia adoptată de CGPM în **1983**, iar în **1989** a recomandat punerea în aplicare, începând de la **1 ianuarie 1990**, a Scării Internaţionale de Temperatură SIT-90, în locul Scării Internaţionale Practice de Temperatură SIPT-68 şi a Scării Provizorii de Temperatură de la 0,5 K la 30 K SPT-76.

• Preocuparea Organelor Convenţiei Metrului de perfecţionare a SI este permanentă. CGPM, CIPM şi BIPM precum şi Comitetul Consultativ de Unităţi (Comité Consultatif des Unités, CCU), care este subordonat CIPM, ca şi celelalte 9 Comitete Consultative [2,5], în colaborare permanentă, dovedită a fi şi deosebit de eficientă, cu instituţiile/institutele (sau laboratoarele) naţionale de metrologie din statele membre ale Convenţiei Metrului, continuă să desfăşoare activitate şi să adopte hotărâri şi/sau să întreprindă acţiuni menite să conducă, în primul rând, la extinderea utilizării şi, de asemenea, la perfecţionarea SI, dar şi la **asigurarea trasabilităţii**, în mod exclusiv, **la SI** a rezultatelor măsurărilor mărimilor fizice.

Receptivitatea statelor membre ale Convenţiei Metrului, prin organele/instituţiile (sau institutele/ laboratoarele) naţionale de metrologie faţă de programele elaborate şi/sau adoptate de Organele Convenţiei Metrului este unanimă. Nu este, din păcate, unanimă participarea la realizarea acestor programe. Situaţia aceasta se datoreşte faptului că nu în toate ţările membre ale Convenţiei Metrului precum şi în alte ţări există şi este posibil să se realizeze, conform nevoilor de exactitate în măsurări, sisteme naţionale de etaloane echivalente sistemelor internaţionale de etaloane, deşi eforturile ţărilor sunt conjugate cu eforturile unor organizaţii regionale de metrologie care funcţionează şi militează în acest scop în toate continentele. În Europa, aceste organizaţii sunt WELMEC (European Cooperation in Legal Metrology/Cooperare Europeană în Domeniul Metrologiei Legale), EUROMET (European Cooperation in Measurement Standards/ Cooperare Europeană în Domeniul Etaloanelor) şi COOMET (European-Asian Cooperation of National Metrological Institutions/Cooperare a Instituţiilor Naţionale de Metrologie din Europa şi Asia).

Între acţiunile care facilitează realizarea unor obiective de genul celor specificate se înscriu şi publicaţiile Organelor Convenţiei Metrului precum şi ale Organizaţiei Internaţionale de Metrologie Legală. O importanţă aparte are publicarea, în mod regulat, de către BIPM, a unei lucrări-document cu caracter informativ, nu normativ, referitoare la Sistemul Internaţional de Unităţi (SI), la a cărei redactare contribuie CCU. Acest document, mereu diferit de la o ediţie la alta, prezintă unităţile SI, prefixele SI pentru formarea de multipli şi submultipli zecimali ai unităţilor SI, unităţile din afara SI, recomandate şi nerecomandate a fi utilizate în paralel cu unităţile SI, şi reguli de formare şi utilizare a unităţilor SI şi a multiplilor şi submultiplilor lor zecimali precum şi reguli de scriere a denumirilor şi simbolurilor unităţilor de măsură. Sunt prezentate, de asemenea, în anexe ale acestui document, hotărâri ale CGPM şi recomandări ale CIPM privind SI şi unităţile SI precum şi modalităţi fundamentate ştiinţific de punere în practică a definiţiilor principalelor unităţi SI. Ultima ediţie a documentului, cea de-a 7-a, datând din **1998**, realizată atât în versiune franceză cât şi în versiune engleză, reuneşte cele mai importante hotărâri, recomandări şi declaraţii ale CGPM şi ale CIPM cu privire la unităţile de măsură şi la Sistemul Internaţional de Unităţi [1].

La rândul său, revista *Metrologia*, editată sub auspiciile CIPM, începând din **1965**, publică articole de metrologie ştiinţifică cu privire la etaloane, unităţi de măsură şi metode de măsurare precum şi rapoarte privind activitatea, hotărârile şi recomandările Organelor Convenţiei Metrului [1,2].

Un interes aparte în problema unităţilor de măsură, în primul rând a unităţilor SI, îndeosebi în ceea ce priveşte perfecţionarea şi extinderea acestuia, pre-

zintă şi Rapoartele sesiunilor CCU (până în 1998, în număr de 13), care sunt publicate de BIPM ca Rapoarte ale CIPM şi în care sunt incluse Recomandări ale CCU privind această problemă [2].

• Statele membre ale Convenţiei Metrului precum şi alte state au stabilit prin legi şi reglementări normative proprii reguli privind utilizarea pe plan naţional a unităţilor de măsură legale, de regulă unităţi SI, dar şi unităţi din afara SI, fie cu aplicabilitate generală, fie cu aplicabilitate în anumite domenii, de exemplu unităţile de măsură specifice activităţilor desfăşurate pentru scopuri economice, administrative, de sănătate a populaţiei, de asigurare a securităţii vieţii sau unele unităţi utilizate în învăţământ, cercetare ştiinţifică şi industrie. Organizarea internaţională a elaborării reglementărilor normative (Recomandări şi Documente) constituie o preocupare de primă importanţă a OIML.

4 Promovarea şi aplicarea SI în România

• Sistemul Internaţional de Unităţi (SI) a fost adoptat în ţara noastră prin *„Hotărârea Consiliului de Miniştri nr. 550 din **30 august 1961** privind sistemul de unităţi de măsură legal şi obligatoriu în Republica Populară Română"*. În această hotărâre se preciza că „Sistemul de unităţi de măsură legal şi obligatoriu în Republica Populară Română este Sistemul Internaţional de Unităţi de măsură, cu simbolul SI".

• Organul de stat şi instituţiile de specialitate prin care a fost realizată politica statului român în domeniul metrologiei, în primul rând în domeniul unităţilor de măsură, şi, de asemenea, al standardizării în acest domeniu, indiferent de structura lor organizatorică, modificată deseori, în anii de după adoptarea SI, au elaborat cu consecvenţă programe de acţiuni sau măsuri şi au fost preocupate de îndeplinirea acestora, în vederea asigurării utilizării unităţilor SI în toate domeniile de activitate, în conformitate cu legile şi reglementările naţionale. Acest obiectiv nu a putut fi, însă, înfăptuit în deceniile ce au urmat „după **momentul 1961**". Dificultăţi serioase de natură tehnico-materială au constituit principala cauză a acestei situaţii.

• Primele reglementări naţionale elaborate, începând chiar din 1961, în aplicarea HCM nr. 550/1961, au fost, cum era şi firesc, standarde de stat (STAS-uri) având ca obiect unităţile SI, multiplii şi submultiplii zecimali ai unităţilor SI, regulile de formare şi scriere a denumirilor şi simbolurilor acestor unităţi precum şi unităţile din afara SI admise a fi utilizate în paralel cu unităţile SI, pe termen nelimitat sau pe termen limitat. Ţările dezvoltate economic şi ştiinţific au realizări remarcabile în domeniul metrologiei şi al standardizării în metrologie precum şi în domenii conexe. **Fără metrologie ştiinţifică şi legală şi fără activitate de standardizare, inclusiv în metrologie, nu poate exista progres.**

• Au fost elaborate şi publicate, în perioada de după adoptarea SI în România, nu numai standarde ci şi instrucţiuni oficiale, cărţi şi articole despre Sistemul Internaţional de Unităţi şi despre unităţi din afara SI. Autorii lucrărilor erau cadre didactice universitare şi/sau cercetători ştiinţifici cu preocupări în domeniul metrologiei şi/sau în domenii conexe [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Aceste lucrări şi, de asemenea, cursurile universitare şi manualele şcolare la discipline tehnice şi ştiinţifice precum şi STAS-urile elaborate în număr mare după adoptarea SI au reprezentat contribuţii importante la promovarea unităţilor SI şi în aplicarea acestor unităţi de măsură, prin facilitarea însuşirii principiilor şi a modalităţilor de punere în practică a definiţiilor unităţilor cât şi de exprimare a valorilor etaloanelor şi a rezultatelor măsurărilor în unităţi SI.

• În conformitate cu *„Hotărârea Consiliului de Miniştri nr. 626/**1968** privind sistemul de unităţi de măsură legal şi obligatoriu în Republica Socialistă România"* au fost elaborate, chiar în acel an, „Instrucţiuni privind aplicarea Sistemului Internaţional de unităţi de măsură (SI)" [17], prin care s-a făcut prezentarea SI şi a regulilor de utilizare a unităţilor SI şi s-a stabilit ca termen limită de utilizare a unităţilor din afara SI data de **1 ianuarie 1976**. În ceea ce priveşte construcţia şi importul de mijloace de măsurare, activitatea de proiectare şi activitatea editorială, termenul limită stabilit a fost data de **1 ianuarie 1971**. Aceste Instrucţiuni prevedeau, totodată, ca Direcţia Generală de Metrologie, Standarde şi Invenţii (DGMSI), organul de stat care a răspuns de activitatea de metrologie, prin Oficiul de Stat pentru Metrologie (OSM), în

perioada **1957-1968** [5], să ia măsuri de elaborare şi tipărire a unor lucrări referitoare la SI şi la conversiunea unităţilor de măsură din afara SI în unităţi SI. Ca urmare, au fost elaborate de specialişti ai INM lucrările [18, 19].

Termenul de trecere la utilizarea exclusivă a unităţilor SI a fost prelungit, în **1975**, până la data de **31 decembrie 1980**. La această hotărâre s-a ajuns în urma unei consfătuiri ce a avut loc în acel an, la care au participat reprezentanţi ai ministerelor, centralelor industriale şi ai unităţilor economice deţinătoare şi/sau constructoare de mijloace de măsurare. Pe baza concluziilor stabilite a fost elaborată, în **1976**, o reglementare privind problemele fundamentale ale SI precum şi cu privire la unităţile din afara SI admise a fi utilizate pe termen nelimitat sau limitat în ţara noastră. Această reglementare a fost intitulată „Cu privire la aplicarea Sistemului Internaţional de Unităţi (SI) în Republica Socialistă România" şi a fost publicată în revista *Metrologia aplicată*, vol. XXIII, 1976, nr. 1, pp 33-46. Termenul limită de 31 decembrie 1980 a fost stabilit avându-se în vedere nu numai insuficienta dotare cu etaloane şi instalaţii de etalonare, ci şi faptul că unele mijloace de măsurare nu puteau fi scoase din fluxul tehnologic până la finele anului 1975 precum şi faptul că hotărâri similare au fost adoptate de ţări cu care România întreţinea relaţii economice şi ştiinţifice.

• Pentru îmbunătăţirea activităţii de metrologie, inclusiv în vederea asigurării utilizării unităţilor SI în toate domeniile de activitate, a fost adoptată *„Legea metrologiei nr. 27 din 3 noiembrie 1978"*. În această lege se prevedea, la art. 7, că „Sistemul de unităţi de măsură legal şi obligatoriu în Republica Socialistă România are la bază nevoile şi cerinţele specifice economiei naţionale, precum şi Sistemul Internaţional de Unităţi de măsură, cu simbolul SI".

• În anii de aplicare a Legii metrologiei, ca şi în anii anteriori, de fapt în toţi **anii 1960–1980**, o componentă importantă în extinderea aplicării SI în România a reprezentat-o, în principal, elaborarea de către INM, prin specialiştii săi, în cadrul programelor naţionale de standardizare adoptate de organele de stat pentru standardizare şi metrologie, a unor STAS-uri pentru unităţi SI şi pentru unităţi din afara SI, inclusiv în ceea ce priveşte conversiunea acestor unităţi în unităţi SI precum şi a unor lucrări de sinteză cu privire la aceste teme [20, 21, 22].

Activitatea de elaborare a standardelor referitoare la unităţile de măsură ale mărimilor fizice a fost laborioasă şi numărul acestor documente normative a fost pe măsură. Sunt încă în vigoare, de exemplu, STAS-urile din seria 10085 (respectiv 10085/1-75 şi 10085/3-75), al căror obiect îl constituie metodele generale de conversiune a valorilor numerice dintr-un sistem de unităţi în altul şi, totodată, tabele de conversiune a unor unităţi din afara SI în unităţi SI (responsabili de proiect: Gheorghe P. Ispăşoiu şi Vasile Petrescu).

• Standardele de stat reprezentau, în anii **1960 – 1980**, adevărate manuale cu privire la unităţile de măsură şi regulile de utilizare a acestora. La baza acestor standarde au stat, în primul rând, documente ale Organelor Convenţiei Metrului (CGPM, CIPM şi BIPM) şi ale Organizaţiei Internaţionale de Standardizare (ISO) precum şi recomandări /documente ale OIML, CEI, Comisiei Internaţionale de Iluminat (Comission Internationale d'Éclairage, CIE), Comisiei Internaţionale de Unităţi şi Măsurări ale Radiaţiei (International Commission on Radiation Units and Measurement, ICRU) şi ale altor organizaţii internaţionale cu preocupări în domeniul unităţilor de măsură şi al măsurărilor mărimilor fizice. După **1970**, ISO a publicat Standardele Internaţionale din seria ISO 31 precum şi ISO 1000, rezultat al activităţii Comitetului Tehnic ISO/TC 12 „Mărimi, unităţi, simboluri, factori de conversie", al cărui secretariat este deţinut de Institutul Suedez de Standardizare (Swedish Institute for Standards, SIS). Aceste standarde internaţionale au prezentat un interes special pentru ţările care au adoptat Sistemul Internaţional de Unităţi, inclusiv pentru *România*.

• Între documentele prin care s-a contribuit la cunoaşterea fundamentelor SI şi a modalităţilor de punerea în aplicare a definiţiilor unităţilor SI, un rol de o importanţă aparte a avut şi continuă să aibă, de asemenea, lucrarea-document „Sistemul Internaţional de Unităţi (SI)" publicată periodic de BIPM, la care am făcut referire mai sus. Acest

document a fost transpus în versiune română, în următoarele ediţii: *ediţia I* şi *ediţia a-II-a*, reprezentând traducerea după ediţia a-III-a/**1977** şi, respectiv, după ediţia a-IV-a/**1981**, care au fost publicate de Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, în **1979** şi, respectiv, **1982**, şi *ediţia a III-a*, reprezentând traducerea după ediţia a V-a/ **1985**, publicată de Editura Academiei Republicii Socialiste România, în **1989**. Traducerea a fost realizată în cele trei ediţii de Rodica Marchidan, iar revizia ştiinţifică a fost făcută de Gheorghe P. Ispăşoiu. Toate ediţiile au fost prefaţate de Gheorghe P. Ispăşoiu şi D. I. Marchidan, şefi de laborator la INM şi, respectiv, la Centrul de Chimie Fizică al Academiei Române, iniţiatori ai acţiunii de realizare a versiunii române a documentului. Lucrarea-document „Sistemul Internaţional de Unităţi (SI)" publicată de BIPM, care, subliniem încă odată, are caracter informativ, s-a bucurat de un interes deosebit din partea cititorilor români, concluzia aceasta rezultând şi din faptul că, deşi au beneficiat de un tiraj apreciabil, toate ediţiile s-au epuizat într-un scurt interval de timp.

Traduceri integrale sau parţiale ale acestui document au mai fost publicate, până în **1985,** în versiune bulgară, cehă, coreeană, engleză, germană, portugheză şi spaniolă. În numeroase ţări au fost publicate ghiduri de utilizare a unităţilor SI [23]. De asemenea, ISO a publicat recent un ghid privind SI [24].

• Ne referim, în continuare, la activităţi şi documente normative din ultimii **20 de ani**, în domeniul unităţilor de măsură, la baza cărora au stat Standardele Internaţionale din seria ISO 31. După **1980** au fost elaborate STAS-urile din seria 737, care aveau ca obiect unităţile SI şi unităţi din afara SI pentru următoarele grupe de mărimi fizice: mărimi de spaţiu şi timp (partea 6-83), mărimi caracteristice fenomenelor periodice şi conexe (partea 7-83), mărimi caracteristice mecanicii (partea 8-83), mărimi caracteristice electromagnetismului (partea 9-83), mărimi caracteristice fenomenelor calorice (partea 10-87), mărimi caracteristice luminii şi radiaţiilor electromagnetice conexe (partea 11-84), mărimi caracteristice acusticii (partea 12-87), mărimi caracteristice chimiei fizice şi fizicii moleculare (partea 13-82), mărimi caracteristice fizicii atomice şi nucleare (partea 15-83) şi mărimi caracteristice fizicii corpului solid (partea 16-84). Responsabili ai proiectelor acestor standarde au fost Tiberiu Bocaniciu (părţile 6-83 şi 7-83), Vasile Petrescu (partea 8-83), Răduţ Soviany (partea 9-83), Gheorghe P. Ispăşoiu (părţile 10-87, 11-84 şi 16-84) şi Amalia Popescu (partea 12-84), specialişti ai INM, Dumitru Marchidan (partea 13-82), specialist al Centrului de Chimie Fizică al Academiei Române, şi Ana Deniş, Florin Gh. Popescu, Mircea Barbu şi Nicolae Vîlcov, specialişti ai Institutului de Fizică şi Inginerie Nucleară, Bucureşti-Măgurele.

• Urmare a progreselor realizate în aplicarea SI în România până în **1985**, în acel an a fost elaborat STAS 9446-85 „Reguli de utilizare a unităţilor de măsură legale care nu fac parte din Sistemul Internaţional de Unităţi (SI)" (responsabil de proiect Gheorghe P. Ispăşoiu), elaborat iniţial în **1968** şi revizuit în 1973, 1977 şi **1984**, care nu a mai stabilit termene limită de utilizare a unităţilor din afara SI, ci numai modalităţile de utilizare a acestor unităţi. Tema regulilor de utilizare a unităţilor de măsură, inclusiv a unităţilor de măsură din afara SI şi a multiplilor şi submultiplilor lor a făcut obiectul lucrării [25].

• **În anii de după 1989,** politica de stat în domeniul unităţilor de măsură şi al măsurărilor s-a înfăptuit în *România*, în conformitate cu „*Ordonanţa Guvernului nr. 20/21.08.1992 privind activitatea de metrologie*", aprobată şi modificată prin „*Legea nr. 11/07.03.1994*" cu modificările ulterioare. În ceea ce priveşte unităţile de măsură, articolul 6 al Ordonanţei precizează că „În România se utilizează unităţile de măsură aparţinând Sistemului Internaţional de Unităţi, simbolizat SI, adoptat de Conferinţa Generală de Măsuri şi Greutăţi şi recomandat de Organizaţia Internaţională de Metrologie Legală".

• Activitatea de standardizare în România a unităţilor de măsură legale, în primul rând a unităţilor SI, fără de care nu este de conceput nici o activitate în domeniul metrologiei, reglementată prin *Ordonanţa Guvernului nr. 20/1992*, a avut la bază documentele Organelor Convenţiei Metrului [1, 2] şi, în deplină concordanţă cu acestea, Standardele Internaţionale ISO [4]. Alinierea deplină la aceste

documente a fost realizată, în **1995**, prin transpunerea, în versiune română, a Standardului Internaţional ISO 31 „Mărimi şi unităţi", părţile 0...13:1992, ediţia a 2-a, elaborat de Comitetul Tehnic ISO/TC 12. Standardul elaborat, respectiv SR ISO 31, părţile 0...13: 1995, ediţia 1, a fost realizat de CT 58, *Metrologie*, al cărui secretariat este deţinut, începând din 1992, de Institutul Naţional de Metrologie (Preşedinte: Gheorghe P. Ispăşoiu, Secretar: Sonia-Tănase Gaiţă şi Reprezentant IRS: Gabriela Grigoriu, în acea vreme; în prezent, aceste responsabilităţi sunt deţinute de Gheorghe P. Ispăşoiu, George-Victor Ionescu şi, respectiv, Irina Marcu din partea ASRO – Asociaţia pentru Standardizare din România). Responsabili ai proiectelor celor 14 standarde naţionale sunt Rodica Cramarescu (partea 1), Anca Niculescu (partea 2), Vasile Petrescu, (partea 3) Mircea Scocioreanu (partea 4), Ioana Odor (partea 5), Valentin M. Feru (partea 6), Amalia Popescu (partea 7), Ecaterina Stoican (partea 8), Alexandru Druker şi Sanda Maniţiu (părţile 9 şi 10), Elena Bordescu (partea 11) şi Gheorghe P. Ispăşoiu (părţile 0, 12 şi 13), specialişti ai INM. În **1995**, a fost, de asemenea, elaborat SR ISO 1000:1995, versiune română a ISO 1000:1992 „Unităţi SI şi recomandări de utilizare a lor şi a multiplilor şi submultiplilor lor zecimali precum şi a altor unităţi" (responsabil de proiect: Gheorghe P. Ispăşoiu). În preambulul naţional al acestor standarde este prezentat, între altele, şi istoricul elaborării şi revizuirii fiecăruia. Toate standardele specificate au fost elaborate iniţial, înainte de adoptarea SI, şi revizuite ulterior, până în 1995, de 3-4 ori.

Cele 15 standarde naţionale reunite, împreună cu SR 13251:1995 „Vocabular internaţional de termeni fundamentali şi generali în metrologie" (responsabili de proiect: Gheorghe P. Ispăşoiu şi Aurel Millea), într-o colecţie de standarde realizată de Institutul Român de Standardizare (IRS), au fost tipărite de Editura Tehnică, Bucureşti, în **1997**, sub îngrijirea Gabrielei Grigoriu.

• IRS şi Gabriela Grigoriu au avut în ultimii **35 de ani** o contribuţie remarcabilă în realizarea programelor naţionale de standardizare în domeniul unităţilor de măsură, în general, şi al SI, în special.

• Este, de asemenea, remarcabilă contribuţia pe care organul de stat pentru metrologie a avut-o în anii **1950 – 1990**, prin specialişti ai INM şi prin alţi specialişti, la adoptarea SI şi la promovarea şi generalizarea utilizării unităţilor SI în toate domeniile de activitate. S-au evidenţiat prin „contribuţii remarcabile" în aceste acţiuni, în întreaga lor activitate pentru „dezvoltarea metrologiei în România", următorii specialişti, cărora le-au fost acordate, de către BRML, cu ocazia „Zilei metrologiei", **„Diplome de excelenţă"**: Nicolae Ilioiu, Tiberiu Bocaniciu, Mihai Buracu, Cornel Buzatu, Petrache Buzoianu, Nicolae Gherguş, Filip Gruzsniczki, Polina Ilie, Gabriel Petru Iordăchescu, Ion Iscrulescu, Gheorghe P. Ispăşoiu, Ion Ivanov, Lucia Lazeanu, Aurel Millea, Pacific Moldoveanu, Andrei Nadolo, Theodor Nicolau, Dumitru Niculescu, Vasile Petrescu, Victor Părăuşanu, Petru Pavel Popescu, Constantin Topor, Francisc Vereş, Ligia Wiener şi Ulrich Wiener.

5 SI, încotro ?

• A răspunde la această întrebare înseamnă a relua şi dezvolta comentariul din capitolul 3 în legătură cu una din calităţile Sistemului Internaţional de Unităţi, anume pe aceea care constă în faptul că SI „este în permanentă perfecţionare" şi aceasta întrucât „preocuparea Organelor Convenţiei Metrului de perfecţionare a SI este permanentă". Că aşa este conving ordinea de zi şi rezultatele lucrărilor celei de-a 13-a Sesiuni a CCU [2], ale celei de-a 88-a sesiuni a CIPM [26, 27] şi ale celei de-a 21-a CGPM [6, 26, 27].

• Pe baza propunerilor făcute de CCU, CIPM a adoptat o serie de Recomandări în probleme de interes în domeniul metrologiei timpului, între care şi în legătură cu punerea în practică a definiţiei secundei. S-a avut în vedere faptul că etaloanele primare de frecvenţă realizate în laboratoare naţionale de metrologie şi în alte laboratoare de timp contribuie la obţinerea unor intervale de timp cu o durată suficient de apropiată de unitatea SI de timp „secundă".

Diseminarea „secundei" simultan cu precizarea „datei calendaristice" se asigură prin realizarea unei scări de timp bazate pe indicaţiile orologiilor

atomice corectate conform indicaţiilor furnizate de etaloanele primare de frecvenţă din lume.

Sarcina ce revine laboratoarelor naţionale de metrologie este să asigure cele mai bune realizări posibile ale „secundei" şi să stabilească „scări de timp locale", pe baza cărora BIPM să elaboreze scara de timp de referinţă mondială, denumită Timp Atomic Internaţional (Temps Atomique Internationale, TAI), care a fost aprobată de cea de-a 14-a CGPM (**1971**) [1, 2, 6, 26, 27].

• Cea de-a 21-a CGPM a hotărât, prin Rezoluţia 5, revizuirea, în conformitate cu Recomandarea CIPM din **1997**, a punerii în practică a definiţiei metrului (care a fost adoptată de cea de-a 17-a CGPM, **1983**). Noua punere în practică a definiţiei metrului, realizabilă prin trei metode, a fost aprobată de CIPM şi este publicată în revista *Metrologia* (1999, 36, nr. 3). Metrologia dimensională implică, astfel, în zilele noastre, pentru activităţile de realizare a etaloanelor primare de lungime de înaltă exactitate şi diseminarea de la acestea a unităţii „*metru*", dezvoltarea domeniului nanometrologiei [1, 6, 26, 27].

Prin Rezoluţia 12, cea de-a 21-a CGPM a hotărât ca unitatea SI derivată „*mol pe secundă*" ($mol \cdot s^{-1}$) pentru activitatea catalitică, mărime utilizată în domeniul medicinei şi al biochimiei (de exemplu, pentru exprimarea activităţii catalitice a unei enzime), să primească denumirea „*katal*", cu simbolul propriu „kat" [2, 6, 26, 27].

O altă hotărâre importantă, adoptată de cea de-a 21-a CGPM, prin Rezoluţia 7, menită să determine perfecţionarea SI, ca şi celelalte hotărâri prezentate mai sus, priveşte definiţia unităţii de masă „*kilogram*", a cărei redefinire se impune pentru a se elimina consecinţele pe termen lung pe care le poate avea instabilitatea „Prototipului Internaţional al kilogramului" [5, 6, 28], atât asupra unităţii SI fundamentale „*kilogram*" cât şi asupra unităţilor SI fundamentale „*amper*", „*mol*" şi „*candelă*". S-a recomandat laboratoarelor naţionale de metrologie să continue eforturile de determinare cu exactitate a valorii constantei lui Avogadro [29], pentru îmbunătăţirea valorilor constantelor fizice fundamentale şi, implicit, pentru adoptarea unei definiţii a kilogramului, care să devină independentă de Prototipul Internaţional al kilogramului [6, 28, 29]. Există preocupări şi se fac propuneri de construire a SI pe baza constantelor fizice fundamentale [29, 30].

• Soluţionarea problemelor specificate mai sus, prin care se urmăreşte perfecţionarea SI, implică, evident, conjugarea eforturilor tuturor laboratoarelor naţionale de metrologie, în primul rând a marilor laboratoare din ţările puternic dezvoltate economic şi ştiinţific, care dispun de dotări tehnico-materiale adecvate şi de un potenţial ştiinţific de înalt profesionalism, ceea ce presupune, în acelaşi timp, existenţa unor puternice „şcoli de formare şi perfecţionare în metrologia ştiinţifică" în domenii de interes ale mărimilor fizice.

• Deziderатul asigurării echivalenţei sistemelor de etaloane naţionale cu sistemele internaţionale de etaloane nu înseamnă, aşadar, desfăşurarea, în toate cazurile, de către toate statele membre ale Convenţiei Metrului precum şi de către alte state, a unor activităţi de realizare a etaloanelor de definiţie. Trebuie, însă, încurajate, inclusiv în România, preocupările de realizare, prin activitate de cercetare-dezvoltare, a acestui deziderat, atunci când există sau pot fi create condiţiile ce pot conduce la rezultate de vârf în metrologia mondială.

• CIPM şi-a propus să rezolve cu contribuţia CCU, ca şi până acum, în cei aproape 40 de ani de activitate a acestui Comitet Consultativ, şi alte probleme de importanţă privind unităţile de măsură [2, 5, 26, 27]. Propunerile pe care CCU le înaintează CIPM, spre aprobare, au, de regulă, la bază propunerile a diferite organizaţii internaţionale. De exemplu, propunerea de a se adopta unitatea *katal* pentru activitatea catalitică a fost făcută de Federaţia Internaţională de Chimie Clinică şi Medicină de Laborator (International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, IFCC) [2]. Sunt elaborate, apoi, cu acordul CIPM, proiecte de Rezoluţii ce se înaintează CGPM, în vederea aprobării.

• O problemă actuală de real interes priveşte adoptarea denumirii speciale *neper* pentru unitatea coerentă derivată fără dimensiune egală cu unu (1), care este utilizată pentru exprimarea valorii mărimilor nivel de câmp, nivel de putere, nivel de presiune acustică sau decrement logaritmic (1 Np = 1)

[2, 26, 27]. Pentru obținerea valorilor numerice ale mărimilor exprimate în neperi sunt utilizați logaritmii naturali.

• Există în studiu, la CCU, și alte probleme, care privesc crearea unor noi *prefixe SI* pentru formarea de multipli și submultipli zecimali ai unităților SI, până la 10^{48} și, respectiv, 10^{-48}, schimbarea simbolurilor prefixelor SI kilo, hecto și deca, respectiv a simbolurilor k, h și da, în simbolurile K, H și D, acordarea denumirii speciale „u" sau „uno" și a simbolului propriu „U" unității SI derivate coerente fără dimensiune „unu" (1) [2].

• Punctul de vedere al CCU, cu care ne exprimăm acordul deplin, este ca schimbările de acest fel să se efectueze numai în măsura în care ele sunt indispensabile și pot determina perfecționarea SI, fără să genereze confuzie la utilizatori. O astfel de atitudine nu înseamnă, evident, respingerea și, deci, neaplicarea, din motive strict personale, datorate lipsei de informare, a hotărârilor, inclusiv a celor cu privire la utilizarea unităților SI și a simbolurilor lor, care au fost adoptate de Organele Convenției Metrului, Organizația Internațională de Metrologie Legală și Organizația Internațională de Standardizare.

• Statutul unităților Sistemului Internațional de Unități – formă modernă a Sistemului Metric s-a consolidat, în România, prin *„Hotărârea Guvernului României nr. 854 din* ***30 august 2001*** *pentru aprobarea «Instrucțiunilor de Metrologie Legală», I.M.L. 9-01 «Unități de măsură»*", în cadrul „Programului de armonizare legislativă" cu Directivele CCE [31].

În conformitate cu acest document legislativ, unitățile de măsură legale în România, utilizate pentru exprimarea valorilor mărimilor fizice măsurabile, sunt:

a) Unități SI, respectiv unități fundamentale și unități derivate ale SI, și multipli și submultipli zecimali ai unităților SI;

b) Unități din afara SI admise a fi utilizate;

c) Unități obținute prin combinarea între ele a unităților de la **a)** și **b)**.

• Unități din afara SI, altele decât cele admise a fi utilizate conform I.M.L. 9-01, sunt admise numai dacă sunt utilizate în domeniul transportului aerian, maritim și fluvial și dacă au fost stabilite prin convenții sau înțelegeri internaționale la care România este parte.

• În I.M.L. 9-01 este prevăzută data de **31 decembrie 2009**, ca termen limită de utilizare și a altor unități pentru mărimi caracteristice produselor și echipamentelor aflate deja pe piață și/sau în uz. Același termen este, de asemenea, prevăzut pentru componente și părți ale produselor și echipamentelor, în cazurile în care acestea sunt destinate să suplimenteze sau să înlocuiască pe cele existente în uz.

• Pentru realizarea unei concordanțe cât mai depline cu documentele adoptate de organizațiile internaționale la care România este parte [1, 2, 4, 26, 27] precum și cu documentele Uniunii Europene [31] este necesar ca în noul document legislativ, ce urmează a fi elaborat, să fie incluse, așa cum s-a propus în proiectul de anexă la I.M.L. 9-01, următoarele unități de măsură:

a) *unitatea „unu"* (1), care este unitate SI derivată a mărimilor fizice fără dimensiune (de exemplu, indice de refracție);

b) unele unități din afara SI care sunt utilizate în anumite domenii de activitate [de exemplu, *„rotație"* (rot) pentru unghiul plan, *„dioptrie"* pentru vergența sistemelor optice, *„tex"* (tex) pentru masa liniară a firelor și fibrelor textile, *„barn"* (b) pentru aria secțiunii eficace transversale].

• Proiectul I.M.L. 9-01, document legislativ de importanță deosebită în etapa integrării României în Uniunea Europeană, prin care s-a urmărit eliminarea neajunsurilor existente în documente legislative anterioare, îndeosebi cu privire la unitățile din afara SI admise a fi utilizate, a fost elaborat de BRML prin INM. Din partea INM și-au adus contribuția Gheorghe P. Ispășoiu, George-Victor Ionescu și Anca Niculescu, iar coordonarea din partea BRML a fost realizată de Dumitru Dinu și Liviu Morariu. Unitățile de măsură ce se recomandă a fi utilizate în România, stabilite în deplină conformitate cu Directivele CCE și având la bază Hotărârile și recomandările Organelor Convenției Metrului și Standardele Internaționale ISO, sunt

cele prezentate în acest număr al revistei *Metrologie*, pp 89-96.

• Un nou document legislativ şi, de asemenea, documentele normative ce vor fi elaborate în conformitate cu acesta, respectiv standarde naţionale şi norme de metrologie legală, la a căror bază vor sta, de asemenea, noi hotărâri ale Organelor Convenţiei Metrului şi ale Organizaţiei Internaţionale de Metrologie Legală precum şi ale Uniunii Europene, vor reprezenta o exprimare clară a recunoaşterii de către România a rolului SI de referenţial mondial în măsurările mărimilor fizice.

REFERINŢE

[1] Bureau International des Poids et Mesures, Le Système international d'unités (SI), 7^{e} édition, 1998

[2] Comité Consultatif des Unités (CCU), Rapport de la 13^{e} session (septembre 1998), Édité par le BIPM, 1999

[3] Bureau International des Poids et Mesures, Cent ans de métrologie, Paris, 1975

[4] Quantities and Units (the ISO Standards Handbook, International Organization for Standardization, 3-rd Edition, 1993)

[5] *Gheorghe P. Ispăşoiu*, Sistemul metric – un prim pas în unificarea mondială a unităţilor de măsură, Metrologie, vol. XLVIII (serie nouă), nr. 3-4/2001, pp 67-75

[6] *T. J. Quinn*, News from the BIPM, Metrologia, 2000, 37, pp 87-98

[7] *Frederick D. Rossini*, Fundamental Measures and Constants for Science and Tehnology, CRC Press, Inc, Cleveland-Ohio, 1974

[8] International Organization for Standardization [ISO], The international vocabulary of basic general terms in metrology (VIM), the second edition, 1993 (în versiunea română: SR 13251:1996, Vocabular internaţional de termeni fundamentali şi generali în metrologie; responsabili de proiect: Gheorghe P. Ispăşoiu şi Aurel Millea)

[9] *J. V. Drazil*, Dictionary of Quantities and Units, Leonard Hill, London, 1971

[10] *D. Boiciuc*, Evoluţia definiţiei unităţii de măsură „metru" pentru lungime, Metrologie aplicată, vol. XXX, nr. 4, 1984, pp 151-153

[11] *D. Milcoveanu* şi *N. Sică*, Evoluţia sistemelor de unităţi de măsură şi SI-ul, Metrologia aplicată, vol 13 (1966), nr. 4, pp 147-153

[12] *D. Milcoveanu* şi *N. Sică*, Pentru o cunoaştere mai completă a Sistemul Internaţional (SI) pentru unităţi de măsură: raţionalizarea, Metrologia aplicată, vol 13 (1966), nr. 6, pp 281-288

[13] *Gh. Ispăşoiu*, Sistemul Internaţional de Unităţi (SI) şi unităţi de măsură din afara acestui sistem, Standardizarea, vol. 18 (1966), nr. 9, pp 452-475

[14] *Gh. Ispăşoiu* şi *I. Dima*, Sistemul Internaţional de Unităţi (SI), Academia Militară Generală, Bucureşti, 1967

[15] *Constantin Manea* (în colaborare cu *Constantin Bodin* şi *Cornel Buzatu*), Unităţi de măsură, Editura Militară, Bucureşti, 1968

[16] *U. Wiener*, Comentariu şi unele propuneri privind introducerea Sistemului Internaţional de Unităţi în practica măsurărilor magnetice, Metrologia aplicată, vol. 16 (1969), nr. 2, pp 49-54

[17] Direcţia Generală pentru Metrologie, Standarde şi Invenţii, Oficiul de Stat pentru Metrologie, Instrucţiuni privind aplicarea Sistemului Internaţional de Unităţi (SI) în Republica Socialistă România, Ediţie specială, Bucureşti, 1968, p. 28 (Redactor responsabil: Gh. Ispăşoiu)

[18] *I. Iscrulescu, Gh. Ispăşoiu* şi *V. Petrescu*, Sistemul Internaţional de Unităţi de măsură (SI), Editura Tehnică, Bucureşti, 1970

[19] *Gh. Ispăşoiu*, Unităţi de măsură care nu fac parte din Sistemul Internaţional (SI) admise a fi utilizate – pe termen nelimitat sau limitat – în paralel cu unităţile acestui sistem de unităţi, Calitatea producţiei şi metrologie, vol. III (XX), 1973, nr. 9, pp 531–548

[20] *M. R. Mustafa*, Convertirea unităţilor Sistemului MKfS în unităţi SI, Standardizarea, vol 18 (1966), nr. 3, pp 122-127

[21] *Gh. Ispăşoiu*, Sistemul Internaţional de Unităţi (SI) – formă modernă a Sistemului Metric, Metrologia aplicată, nr. 4, 1977, pp 146-153

[22] *Gh. Ispăşoiu*, Unităţi de măsură legale în R. S. România, Metrologia aplicată, vol. XXV, 1978, nr. 1, pp 2-14

[23] *Barry N. Taylor*, Guide for the Use of the International System of Units (SI), NIST Special Publication 811, 1995 Edition

[24] ISO, SI Guide International System of Units, ISO Central Secretariat, 1998

[25] *Gh. Ispăşoiu*, Reguli de utilizare a unităţilor de măsură şi a multiplilor şi submultiplilor lor, Metrologia aplicată, vol. XXXI, 1984, nr. 3, pp 99-106

[26] Comité International des Poids et Mesures, Procès-Verbaux de la 88^{e} session (octobre 1999)

[27] Comité International des Poids et Mesures, Rapports des présidents des Comités Consultatifs pour la 21^{e} Conférence Générale de Poids et Mesures, (1999)

[28] *B. N. Taylor* and *P. J. Mohr*, On the redefinition of the kilogram, Metrologia, 1999, vol. 36, pp 63-64

[29] *Peter J. Mohr* and *Barry N. Taylor*, CODATA Recommended Values of the Fundamental Phyisical Constants: 1998, Journal of Physical and Chemical Reference Data, Vol. 28, No. 6, 1999

[30] *V. S. Tuninsky*, Unit Systems based on the Fundamental Constants, Metrologia, 1999, 36, pp 9-14

[31] Council of the European Communities, 80/181/EEC Directive, Units of Measurement, Official Journal of the European Communities, 15.2.1980, 3.1.1985, 7.12.1989 and 9.2.2000

Data: 2001-10-10

BIROUL ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ

UNITĂȚI DE MĂSURĂ LEGALE

Sunt unităţi de măsură legale unităţile SI, multiplii şi submultiplii zecimali ai unităţilor SI şi unele unităţi din afara SI, care sunt admise a fi utilizate cu SI.

Denumirea de unităţi SI este dată ansamblului de unităţi fundamentale şi derivate ale Sistemului Internaţional de Unităţi (SI), sistem mondial de unităţi, unic şi practic, formă modernă a Sistemului Metric, adoptat de cea de-a 11-a Conferinţă Generală de Măsuri şi Greutăţi (CGPM; 1960).

1 Unităţi SI şi multiplii şi submultiplii lor zecimali

1.1 Unităţi SI fundamentale

Sunt considerate unităţi fundamentale ale SI un număr de 7 unităţi, care s-a convenit să fie considerate ca independente din punct de vedere dimensional.

1.1.1 Denumiri şi simboluri

Mărimea fundamentală	Unitatea SI fundamentală	
	Denumire	Simbol
lungime	metru	m
masă	kilogram	kg
timp	secundă	s
curent electric	amper	A
temperatură termodinamică	kelvin	K
cantitate de substanţă	mol	mol
intensitate luminoasă	candelă	cd

1.1.2 Definiţii

Unitatea de lungime

Metrul este lungimea drumului parcurs de lumină, în vid, într-un interval de timp de 1/299 792 458 dintr-o secundă.

[Cea de-a 17-a CGPM (1983); Rezoluţia 1].

Unitatea de masă

Kilogramul, unitate de masă, este egal cu masa prototipului internaţional al kilogramului.

[Cea de-a 3-a CGPM (1901); Raportul Conferinţei, pag. 70].

Unitatea de timp

Secunda este durata a 9 192 631 770 perioade ale radiaţiei corespunzătoare tranziţiei între cele două niveluri de energie hiperfine ale stării fundamentale a atomului de cesiu 133.

[Cea de-a 13-a CGPM (1967-1968); Rezoluţia 1].
NOTĂ – Această definiţie se referă la un atom de cesiu în repaus, la o temperatură de 0 K [Confirmare a Comitetului Internaţional de Măsuri şi Greutăţi (CIPM), sesiunea din 1997].

Unitatea de curent electric

Amperul este intensitatea unui curent electric constant care, menţinut în două conductoare paralele, rectilinii, de lungime infinită şi de secţiune circulară neglijabilă, aşezate în vid la o distanţă de 1 metru unul de altul, ar produce între aceste conductoare o forţă de 2×10^{-7} dintr-un newton pe o lungime de 1 metru.

[CIPM (1946); Rezoluţia 2, aprobată de cea de-a 9-a CGPM (1948)].

Unitatea de temperatură termodinamică

Kelvinul, unitate de temperatură termodinamică, este fracţiunea 1/273,16 din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei.

[Cea de-a 13-a CGPM (1967-1968); Rezoluţia 4].

NOTĂ – Temperatura termodinamică, simbol T, se exprimă, în uz curent, în funcţie de diferenţa sa în raport cu temperatura de referinţă T_0 = 273,15 K (punctul de solidificare al apei), diferenţă de temperatură denumită temperatură Celsius, simbol t, definită prin relaţia $t = T - T_0$, şi având unitatea grad Celsius, simbol °C. Valoarea numerică a unei temperaturi Celsius t, exprimată în grade Celsius, este dată de relaţia $t / °C = T / K - 273{,}15$.

Unitatea de cantitate de substanţă

1 Molul este cantitatea de substanţă a unui sistem care conţine atâtea entităţi elementare câţi atomi există în 0,012 kilograme de carbon 12.

2 De câte ori se utilizează molul trebuie specificate entităţile elementare, care pot fi atomi, molecule, ioni, electroni, alte particule sau grupuri specificate de asemenea particule.

[Cea de-a 14-a CGPM (1971); Rezoluţia 3].

NOTĂ – Când se citează definiţia molului trebuie să se facă precizarea că este vorba de atomi ai carbonului 12 nelegaţi, în repaus şi în starea lor fundamentală [Raportul Comitetului Consultativ de Unităţi (CCU) aprobat de CIPM, în 1980].

Unitatea de intensitate luminoasă

Candela este intensitatea luminoasă, într-o direcţie specificată, a unei surse care emite o radiaţie monocromatică cu frecvenţa de 540×10^{12} hertzi şi a cărei intensitate radiantă, în acea direcţie, este 1/683 dintr-un watt pe steradian.

[Cea de-a 16-a CGPM (1979); Rezoluţia 3].

1.2 Unităţi SI derivate

Sunt unităţi SI derivate acele unităţi ale mărimilor derivate care se formează combinând unităţi fundamentale pe baza relaţiilor algebrice ce leagă mărimile corespunzătoare. Denumirile şi simbolurile acestor unităţi sunt exprimate cu ajutorul denumirilor şi simbolurilor unităţilor fundamentale. Unele dintre ele pot fi înlocuite prin denumiri şi simboluri speciale ce pot fi utilizate pentru exprimarea denumirilor şi simbolurilor altor unităţi derivate.

Unităţile SI derivate împreună cu unităţile SI fundamentale formează un ansamblu coerent de unităţi, adică un sistem de unităţi legate între ele prin reguli de înmulţire şi împărţire fără un factor numeric diferit de 1.

1.2.1 Unităţi SI derivate exprimate în funcţie de unităţi SI fundamentale

Mărimea derivată	Unitatea SI derivată	
	Denumire	Simbol
arie	metru pătrat	m^2
volum	metru cub	m^3
viteză	metru pe secundă	m/s
acceleraţie	metru pe secundă la pătrat	m/s^2
număr de undă	metru la puterea minus unu	m^{-1}
masă volumică/ densitate	kilogram pe metru cub	kg/m^3
volum masic	metru cub pe kilogram	m^3/kg
densitate de curent	amper pe metru pătrat	A/m^2
câmp magnetic	amper pe metru	A/m
concentraţie (de cantitate de substanţă)	mol pe metru cub	mol/m^3
luminanţă	candelă pe metru pătrat	cd/m^2
indice de refracţie	(numărul) unu	1 [(a)]

[(a)] Unitatea SI derivată coerentă a mărimilor derivate fără dimensiune sau cu dimensiunea unu (de exemplu, densitate relativă, factor de putere, permeabilitate relativă, factor de transmisie) este numărul unu (1). Totuşi, în unele cazuri, unităţii unu (1) i s-a atribuit o denumire specială [de exemplu, unităţile SI derivate radian (rad) şi steradian (sr)]. De obicei, nu se utilizează simbolul «1» după o valoare numerică.

1.2.2 Unităţi SI derivate cu denumiri speciale şi simboluri proprii

Mărimea derivată	Unitatea SI derivată			
	Denumire	Simbol	Expresia	
			în alte unităţi SI	în unităţi SI fundamentale
unghi plan	radian[(1)]	rad		$m \cdot m^{-1} = 1$
unghi solid	steradian[(1)]	sr[(2)]		$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
frecvenţă	hertz	Hz		s^{-1}
forţă	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
presiune, tensiune mecanică	pascal	Pa	$N \cdot m^{-2}$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
energie, lucru mecanic, cantitate de căldură	joule	J	N·m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
putere [(3)], flux energetic/flux radiant	watt	W	$J \cdot s^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
sarcină electrică, cantitate de electricitate	coulomb	C		s·A
diferenţă de potenţial electric, tensiune electrică, tensiune electromotoare	volt	V	$W \cdot A^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$

Tabelul 1.2.2 (*continuare*)

Mărimea derivată	Unitatea SI derivată			
	Denumire	Simbol	Expresia	
			în alte unităţi SI	în unităţi SI fundamentale
capacitate electrică	farad	F	$C \cdot V^{-1}$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
rezistenţă electrică	ohm	Ω	$V \cdot A^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
conductanţă electrică	siemens	S	$A \cdot V^{-1}$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
flux de inducţie magnetică	weber	Wb	V·s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
inducţie magnetică	tesla	T	$Wb \cdot m^{-2}$	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
inductanţă	henry	H	$Wb \cdot A^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
temperatură Celsius	grad Celsius	°C(4)		K
activitate catalitică	katal	kat(5)		$mol \cdot s^{-1}$
flux luminos	lumen	lm	cd·sr(2)	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$
iluminare	lux	lx	$lm \cdot m^{-2}$	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$
activitate (a unui radionuclid)	becquerel	Bq		s^{-1}
doză absorbită, energie masică (comunicată), kerma	gray	Gy	$J \cdot kg^{-1}$	$m^2 \cdot s^{-2}$
echivalent de doză absorbită, echivalent de doză absorbită ambiental, echivalent de doză absorbită direcţional, echivalent de doză absorbită individual, doză absorbită echivalentă într-un organ	sievert	Sv	$J \cdot kg^{-1}$	$m^2 \cdot s^{-2}$

(1) Radianul şi steradianul pot fi utilizate în expresii ale unităţilor SI derivate, pentru a diferenţia mărimi de natură diferită având aceeaşi dimensiune. Exemple de utilizare a acestor unităţi pentru formarea denumirilor unităţilor SI derivate sunt prezentate în tabelul 1.2.3.

(2) În fotometrie se menţin, în general, denumirea şi simbolul steradianului, sr, în expresia unităţii.

(3) Denumiri speciale pentru unitatea de putere:
– volt amper (simbol „V·A"), când este utilizată să exprime puterea aparentă a curentului electric alternativ;
– var (simbol „VAR"), când este utilizată să exprime puterea electrică reactivă. Unitatea de măsură „VAR" nu este inclusă în rezoluţiile CGPM.

(4) Un interval sau o diferenţă de temperatură se exprimă fie în kelvini, fie în grade Celsius. Unitatea „grad Celsius", simbol °C, este, prin definiţie, egală cu unitatea „kelvin", simbol K.

(5) Katalul şi simbolul său, kat, au fost adoptate de cea de-a 21-a CGPM (1999; Rezoluţia 12).

NOTĂ – Denumirile speciale şi simbolurile proprii ale unităţilor SI derivate din tabelul 1.2.2 pot fi utilizate pentru exprimarea altor unităţi SI derivate (de exemplu, unităţile SI derivate din tabelul 1.2.3).

1.2.3 Unităţi SI derivate ale căror denumiri şi simboluri sunt exprimate prin unităţi SI derivate cu denumiri speciale şi simboluri proprii

Mărimea derivată	Unitatea SI derivată		
	Denumire	Simbol	Expresia în unităţi SI fundamentale
viscozitate dinamică	pascal secundă	Pa·s	$m^{-1}·kg·s^{-1}$
momentul unei forţe	newton metru	N·m	$m^2·kg·s^{-2}$
tensiune superficială	newton pe metru	N/m	$kg·s^{-2}$
viteză unghiulară	radian pe secundă	rad/s	$m·m^{-1}·s^{-1} = s^{-1}$
acceleraţie unghiulară	radian pe secundă la pătrat	rad/s^2	$m·m^{-1}·s^{-2} = s^{-2}$
flux termic superficial, iradianţă	watt pe metru pătrat	W/m^2	$kg·s^{-3}$
capacitate termică, entropie	joule pe kelvin	J/K	$m^2·kg·s^{-2}·K^{-1}$
capacitate termică masică, entropie masică	joule pe kilogram kelvin	J/(kg·K)	$m^2·s^{-2}·K^{-1}$
energie masică	joule pe kilogram	J/kg	$m^2·s^{-2}$
conductivitate termică	watt pe metru kelvin	W/(m·K)	$m·kg·s^{-3}·K^{-1}$
energie volumică	joule pe metru cub	J/m^3	$m^{-1}·kg·s^{-2}$
câmp electric	volt pe metru	V/m	$m·kg·s^{-3}·A^{-1}$
sarcină (electrică) volumică	coulomb pe metru cub	C/m^3	$m^{-3}·s·A$
deplasare electrică	coulomb pe metru pătrat	C/m^2	$m^{-2}·s·A$
permitivitate	farad pe metru	F/m	$m^{-3}·kg^{-1}·s^4·A^2$
permeabilitate	henry pe metru	H/m	$m·kg·s^{-2}·A^{-2}$
energie molară	joule pe mol	J/mol	$m^2·kg·s^{-2}·mol^{-1}$
entropie molară, capacitate termică molară	joule pe mol kelvin	J/(mol·K)	$m^2·kg·s^{-2}·K^{-1}·mol^{-1}$
intensitate radiantă	watt pe steradian	W/sr	$m^4·m^{-2}·kg·s^{-3} = m^2·kg·s^{-3}$
radianţă	watt pe metru pătrat steradian	$W/(m^2·sr)$	$m^2·m^{-2}·kg·s^{-3} = kg·s^{-3}$
expunere (radiaţii X şi γ)	coulomb pe kilogram	C/kg	$kg^{-1}·s·A$
debit de doză absorbită	gray pe secundă	Gy/s	$m^2·s^{-3}$

NOTE:

1 Denumirile unităţilor SI derivate compuse sub forma unui produs de unităţi se pot scrie fără sau cu liniuţă între denumirile unităţilor componente [de exemplu, se poate scrie pascal secundă sau pascal-secundă şi joule pe mol kelvin sau joule pe mol-kelvin, simbolurile acestor unităţi fiind Pa·s şi, respectiv, J/(mol·K)].

2 Unităţile SI derivate din tabelele 1.2.1 şi 1.2.3 sunt exemple. Lor li se pot adăuga altele formate conform precizărilor de la pct. 1.2 [de exemplu, kilogram pe secundă (kg/s), metru cub pe secundă (m^3/s), siemens pe metru (S/m), lumen pe watt (lm/W), becquerel pe kilogram (Bq/kg)].

1.3 Prefixe SI utilizate pentru formarea de multipli şi submultipli zecimali

Prefixele SI, reprezentând denumiri ale unor factori de multiplicare a unităţilor SI, şi simbolurile acestor prefixe, care au fost adoptate de CGPM, sunt următoarele:

Factor	Prefix	Simbol	Factor	Prefix	Simbol
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	mili	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^{9}	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^{6}	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^{3}	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^{2}	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^{1}	deca	da	10^{-24}	yocto	y

1.3.1 Multiplii şi submultiplii unităţilor SI care sunt formaţi cu ajutorul prefixelor SI trebuie să fie desemnaţi prin denumirea lor completă ,,multipli şi submultipli zecimali ai unităţilor SI". Aceşti multipli şi submultipli nu sunt coerenţi cu unităţile SI propriu-zise.

1.3.2 Denumirile şi simbolurile multiplilor şi submultiplilor zecimali ai unităţii SI de masă sunt formate prin ataşarea prefixelor SI la cuvântul ,,gram" şi a simbolurilor lor la simbolul ,,g" [de exemplu, miligram (mg), megagram (Mg)].

1.3.3 Dacă o unitate derivată este exprimată ca o fracţie, atunci multiplii şi submultiplii ei zecimali pot fi formaţi prin ataşarea unui prefix SI unităţilor de la numărător sau de la numitor sau de la ambele părţi [de exemplu, kilovolt pe metru (kV/m), volt pe centimetru (V/cm), kilovolt pe centimetru (kV/cm)].

1.3.4 Nu sunt admise prefixe compuse, adică prefixe formate prin alăturarea de prefixe SI [de exemplu, nu este admis submultiplul **milimicro**metru (mμm) ci submultiplul **nano**metru (nm)].

1.3.5 **Denumiri şi simboluri autorizate special ale unor multipli şi submultipli zecimali ai unor unităţi SI**

Mărimea	Unitatea		
	Denumire	Simbol	Valoare
volum	litru	l sau L [1]	$1\ l = 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$
masă	tonă	t	$1\ t = 1\ Mg = 10^3\ kg$
presiune, tensiune mecanică	bar	bar [2]	$1\ bar = 10^5\ Pa$

[1] Cele două simboluri ,,l" şi ,,L" pot fi utilizate pentru unitatea litru. [Cea de-a 16-a CGPM (1979); Rezoluţia 5].

[2] Barul şi simbolul său sunt incluse în Rezoluţia 7 a celei de a 9-a CGPM (1948; Raportul Conferinţei, pag. 70). Această unitate este specificată în documentul ,,Sistemul Internaţional de Unităţi (SI)", Ediţia a 7-a, 1998, publicat de Biroul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi (BIPM), între unităţi din afara SI utilizate curent cu SI, pentru a răspunde nevoilor specifice din domeniul comercial ori juridic, sau unor interese ştiinţifice.

NOTĂ – Prefixele SI şi simbolurile lor specificate în tabelul 1.3 pot fi utilizate în conexiune cu denumirile unităţilor şi simbolurile acestora din tabelul 1.3.5 [de exemplu, mililitru (mL), gigatonă (Gt), kilobar (kbar)].

2 Unităţi din afara SI admise a fi utilizate cu SI

Fac parte din clasa unităţilor din afara SI acele unităţi de măsură care nu sunt coerente cu unităţi SI. Dintre aceste unităţi, sunt unele admise a fi utilizate cu SI, pe termen nelimitat sau limitat, iar unele nu sunt admise a fi utilizate. Dintre unităţile din prima categorie, sunt unele definite în funcţie de unităţi SI, unele ale căror valori în unităţi SI sunt obţinute experimental şi unele utilizate numai în domenii specializate.

Asocierea unităţilor SI cu unităţi din afara SI trebuie evitată, în afara cazurilor specificate în prezentele instrucţiuni, pentru a nu se pierde avantajul coerenţei conferite de utilizarea unităţilor SI.

Echivalenţele unităţilor din afara SI şi/sau factorii de conversie a unităţilor din afara SI în unităţi SI trebuie specificate în documentele în care ele sunt utilizate.

2.1 Unităţi definite în funcţie de unităţi SI care nu sunt multipli sau submultipli zecimali ai acestora

Mărimea	Unitatea		
	Denumire	Simbol	Valoare
unghi plan	rotaţie [1]		1 rot = 2π rad
	grad centesimal* (2) sau gon*	gon*	1 gon = π/200 rad
	grad (sexagesimal)	°	1° = π/180 rad
	minut (sexagesimal)	'	1' = π/10 800 rad
	secundă (sexagesimală)	''	1'' = π/648 000 180 rad
timp	minut	min	1 min = 60 s
	oră	h	1 h = 3600 s
	zi	d	1 d = 86 400 s

[1] Nu există simbol internaţional; în România este utilizat simbolul „rot".
[2] Caracterul * după o denumire sau un simbol de unitate indică faptul că acestea nu apar în listele de unităţi stabilite de CGPM, CIPM sau BIPM. Această observaţie este valabilă şi pentru tabelul 2.3.

NOTĂ – Prefixele SI şi simbolurile lor specificate în tabelul 1.3 pot fi utilizate numai în conexiune cu denumirea „gon" şi cu simbolul „gon" din tabelul 2.1 [de exemplu, miligon (mgon)].

2.2 Unităţi utilizate cu Sistemul Internaţional ale căror valori în unităţi SI sunt obţinute experimental

Mărimea	Unitatea		
	Denumire	Simbol	Valoare
masă	unitate de masă atomică (unificată)[1]	u	Unitatea de masă atomică (unificată) este egală cu 1/12 din masa unui atom al nuclidului 12C
energie	electronvolt[1]	eV	Electronvoltul este energia cinetică câştigată de un electron care traversează o diferenţă de potenţial de 1 volt în vid

[1] Valorile, în unităţi SI, recomandate de CODATA, în 1998, pentru unităţile specificate în tabelul 2.2 sunt:
$1\ u = 1{,}660\ 538\ 73(13) \times 10^{-27}$ kg
$1\ eV = 1{,}602\ 176\ 462(63) \times 10^{-19}$ J
Aceste valori sunt însoţite, între paranteze, de incertitudinea standard compusă ($p \cong 68\ \%$) exprimată cu două cifre semnificative.

NOTĂ – Prefixele SI şi simbolurile lor specificate în tabelul 1.3 se aplică unităţii electronvolt şi simbolului acestuia [de exemplu, kiloelectronvolt (keV), megaelectronvolt (MeV)] .

2.3 Unităţi şi denumiri de unităţi admise numai în domenii specializate

Mărimea	Unitatea		
	Denumire	Simbol	Valoare
vergenţa sistemelor optice	dioptrie*		1 dioptrie = 1 m^{-1}
suprafaţa terenurilor agricole	ar	a	1 a = 10^2 m^2
masa pietrelor preţioase	carat metric		1 carat metric = 2×10^{-4} kg
masa liniară a firelor şi fibrelor textile	tex*	tex*	1 tex = 10^{-6} kg·m^{-1}
presiunea sângelui şi a altor fluide din corp	milimetru coloană de mercur	mm Hg*	1 mm Hg = 133,322 Pa
aria secţiunii eficace transversale	barn	b	1 b = 10^{-28} m^2

NOTĂ – Prefixele SI şi simbolurile lor specificate în tabelul 1.3 pot fi utilizate în conexiune cu denumirile unităţilor şi simbolurile acestora din tabelul 2.3, cu excepţia milimetrului coloană de mercur şi a simbolului acestuia. De exemplu, multiplul 10^2a al arului este denumit „hectar" (ha) (1 ha = 10^4 m^2).

3 Unităţi compuse

Combinaţiile între unităţi specificate la pct. 1 şi 2 constituie unităţi de măsură compuse [de exemplu, kilometru pe oră (km/h), rotaţie pe minut (rot/min), tonă pe metru cub (t/m^3), amper oră (A·h), kilowatt oră (kW·h), mol pe litru (mol/L), lux oră (lx·h), becquerel pe metru cub (Bq/m^3)].

NOTĂ – Elaborarea acestui proiect s-a făcut în conformitate cu Directiva Consiliului Comunităţii Europene nr. 80/181/EEC „Unităţi de măsură", avându-se în vedere hotărârile adoptate şi documentele publicate de Organele Convenţiei Metrului (CGPM, CIPM şi BIPM) precum şi Standardele Internaţionale ISO privind unităţile de măsură..

Data: 2001-05-29

Redactori responsabili:

Gheorghe P. Ispăşoiu, INM
George-Victor Ionescu, INM
Anca Niculescu, INM

Coordonatori:

Dumitru Dinu, BRML
Liviu Morariu, BRML

BIROUL ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ

REGULI DE UTILIZARE A UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ ȘI DE EXPRIMARE A VALORILOR MĂRIMILOR FIZICE

1 Introducere

• Unitățile de măsură sunt o parte imperios necesară a vieții și activității oamenilor. Fără unități de măsură nu sunt posibile măsurări și fără acestea nu este posibil progresul și civilizația. Corectitudinea și exactitatea măsurărilor au implicat, în timp, de-a lungul veacurilor de măsurări, ordine și corectitudine în stabilirea, adoptarea și aplicarea sistemelor de unități, pentru asigurarea uniformității unităților, atât în interiorul statelor cât și în relațiile comerciale, economice, tehnice și științifice dintre ele.

• În prezent, sistemul de unități cu largă aplicabilitate în lume, care reprezintă un „**referențial mondial în măsurările mărimilor fizice**" [1], este Sistemul Internațional de Unități (SI) [2]. Adoptat, în octombrie 1960, de cea de-a 11-a Conferință Generală de Măsuri și Greutăți (CGPM), inclusiv cu contribuția României, ca stat membru al Convenției Metrului [3], SI este, începând din august 1961, singurul sistem de unități legal și obligatoriu în țara noastră [1,4].

• În România, ca și în majoritatea țărilor lumii, sunt legale nu numai unitățile SI ci și alte unități. În conformitate cu [5], unitățile legale în România sunt unitățile SI, multiplii și submultiplii zecimali ai unităților SI și unele unități din afara SI admise a fi utilizate, pe termen nelimitat sau limitat, în paralel cu unitățile SI.

• Asigurarea corectitudinii și exactității măsurărilor – obiectiv de bază al activității de metrologie în România, implicit, în primul rând, al organului de stat pentru metrologie, impune cu absolută necesitate asigurarea uniformității și utilizarea corectă a unităților, inclusiv cu contribuția organului de stat pentru standardizare. Înfăptuirea acestui obiectiv preocupă, de altfel, în egală măsură, organe de stat pentru metrologie și, de asemenea, pentru standardizare din întreaga lume precum și organizații internaționale care desfășoară activitate în aceste domenii de importanță incontestabilă pentru progresul și civilizația omenirii. Au contribuții fundamentale în asigurarea uniformității unităților și a corectitudinii măsurărilor, în vederea asigurării exactității rezultatelor măsurărilor, organele Convenției Metrului (CGPM, CIPM și BIPM), Organizația Internațională de Metrologie Legală (OIML), Organizația Internațională de Standardizare (ISO) și Comitetul Electrotehnic Internațional (CEI) [1,2,3,5]. Sunt preocupate și acționează, de asemenea, în același scop, alte organizații internaționale precum și organizații regionale de metrologie, între care, în Europa, EUROMET, WELMEC și COOMET [1,4,11].

• O măsură fără de care nu este de conceput asigurarea corectitudinii și exactității măsurărilor o reprezintă stabilirea și adoptarea unor reguli privind scrierea și utilizarea unităților. Sunt de referință, în acest sens, hotărârile organelor Convenției Metrului care au fost prezentate și comentate în lucrarea-document „Sistemul Internațional de Unități (SI)" publicată de BIPM [2] și Standardele Internaționale ISO precum și alte lucrări în legătură cu Sistemul Internațional de Unități publicate de ISO [1,6,7,8,9,10]. Aceste lucrări sunt recomandate spre utilizare de către organizații internaționale cu preocupări în domeniul mărimilor fizice și al unităților acestor mărimi, în primul rând OIML, și, de asemenea, Consiliul CE (Council of the European Communities) [1,11]. Astfel de lucrări-document au fost elaborate și de institute naționale de metrologie din țări dezvoltate economic și științific, inclusiv în domeniul metrologiei. Are o importanță aparte lucrarea „Ghid pentru utilizarea Sistemului Internațional de Unități (SI)" elaborată de NIST (SUA) [12].

• Schema de legătură dintre unităţile SI fundamentale şi un număr de 30 unităţi SI derivate, între care 22 cu denumiri speciale, reprezentată pe coperta exterioară a revistei „Metrologie" are la bază o schemă ISO [8], care a fost actualizată şi extinsă.

• Instituţiile din România prin care statul român înfăptuieşte politica sa în domeniul metrologiei – ştiinţă a măsurării, au militat susţinut, cu rezultate mereu pozitive, pentru adoptarea şi aplicarea SI, formă modernă a Sistemului Metric [1,3,4,5], în esenţă pentru utilizarea unităţilor metrice, elaborând documente normative, respectiv standarde naţionale, instrucţiuni de metrologie legală şi norme de metrologie legală referitoare la aceste unităţi, inclusiv în ceea ce priveşte măsurile de generalizare şi aplicare corectă a lor şi, totodată, a altor unităţi admise a fi utilizate [5,6,7].

• Sunt prezentate în cele ce urmează principalele reguli de utilizare a unităţilor de măsură, reguli ce se aplică unităţilor legale, dar pot fi aplicate şi altor unităţi, care sunt utilizate, în anumite cazuri, cu absolută necesitate, de exemplu în cercetarea ştiinţifică şi în învăţământul universitar. Sunt prezentate, de asemenea, unele reguli importante referitoare la simbolurile mărimilor fizice şi la exprimarea valorilor acestor mărimi, inclusiv a incertitudinii de măsurare a lor [2,5,6,7,8,10,11,12,13].

2 Reguli privind simbolurile mărimilor

• Simbolurile mărimilor fizice sunt constituite, în general, dintr-o singură literă a alfabetului latin sau grec, urmată de un indice inferior sau de un alt semn distinctiv şi sunt tipărite, inclusiv indicii, atunci când aceştia reprezintă simboluri de mărimi, cu caractere italice/cursive, oricare ar fi caracterele utilizate în text. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ Lungimea l a unui conductor electric	▪ Lungimea l a unui conductor electric
▪ Coeficientul de dilatare liniară α_l	▪ Coeficientul de dilatare liniară α_{l}
▪ Acceleraţia gravitaţională normală g_n	▪ Acceleraţia gravitaţională normală g_{n}

NOTĂ – Simboluri de mărimi fizice şi denumiri ale lor în limba română sunt prezentate în SR ISO 31-1... SR ISO 31-10, SR ISO 31-12 şi SR ISO 31-13, iar în SR ISO 31-11 sunt prezentate modalităţi de notare a mărimilor vectoriale sau a altor mărimi nescalare precum şi informaţii generale referitoare la semne şi simboluri matematice [1,6,7].

• Simbolul unei mărimi nu este urmat de punct, cu excepţia cazului punctuaţiei normale. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ Simbolul masei este m şi simbolul forţei este F.	▪ Simbolul masei este m şi simbolul forţei este F

Când simbolurile a două mărimi a şi b sunt combinate sub formă de produs, procedeul de combinare a lor poate fi indicat prin unul din următoarele moduri de scriere: ab, $a\,b$, $a{\cdot}b$ sau $a \times b$.

NOTĂ – În unele domenii, de exemplu în calculul vectorial, se face distincţie între modurile de scriere $a{\cdot}b$ şi $a \times b$.

• Când o mărime a este împărţită printr-o mărime b, această operaţie este indicată prin unul din următoarele moduri de scriere: $\frac{a}{b}$, a / b sau $a{\cdot}b^{-1}$.

• Dacă numărătorul şi/sau numitorul unui cât de mărimi sunt, ele însele, produse sau câturi de mărimi, atunci, pentru evitarea oricărei ambiguităţi, nu trebuie ca pe acelaşi rând o bară oblică să fie urmată de un semn de înmulţire sau de un semn de împărţire, fără să se introducă paranteze. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ $\frac{a/b}{c} = (a/b)/c = ab^{-1}c^{-1}$	▪ $\frac{a/b}{c} = a/b/c$
▪ $\frac{a}{bc} = a/(b \cdot c) = a/bc$	▪ $\frac{a}{bc} = a/b \cdot c$

- $\frac{a+b}{c+d} = (a+b)/(c+d)$
- $\frac{a/b}{c/d} = \frac{ad}{bc} = (ad)/(bc)$
- $\frac{a+b}{c+d} = a+b/c+d$
- $\frac{a/b}{c/d} = a/b/c/d$

NOTĂ – Bara oblică poate fi utilizată, de asemenea, în cazul în care numărătorul şi numitorul cuprind adunări şi scăderi, cu condiţia să fie utilizate paranteze. De exemplu, *(a+b)/(c+d)* are sensul de $\frac{a+b}{c+d}$, iar *a+b/c+d* are sensul de $a+\frac{b}{c}+d$, dar pentru a se înlătura orice ambiguitate trebuie să se scrie *a+(b/c)+d*.

• Definiţia unei mărimi derivate compuse formată prin împărţirea a două mărimi de natură diferită, trebuie formulată ca împărţire/cât între mărimea de la numărător şi mărimea de la numitor. De exemplu,

este corect să se spună şi scrie:

- Puterea este energia transferată într-un interval de timp împărţită la acel interval de timp sau puterea este câtul dintre energia transferată într-un interval de timp şi acel interval de timp.

nu este corect să se spună şi scrie:

- Puterea este energia transferată în unitatea de interval de timp

NOTĂ – În cazul mărimilor derivate compuse formate prin împărţirea a două mărimi de aceeaşi natură, respectiv în cazul mărimilor fără dimensiune, definiţia acestor mărimi trebuie formulată ca „Raport între mărimea de la numărător şi mărimea de la numitor, în condiţii specificate". De exemplu, „Factorul de absorţie (acustică) este raportul dintre puterea acustică disipată şi transmisă şi puterea acustică incidentă".

• În anumite cazuri, între o mărime caracteristică unui obiect şi obiectul respectiv trebuie facută distincţie. De exemplu,

este corect să se spună şi scrie:

- Aria suprafeţei unui corp este de 1 m^2.
- Masa unui obiect are 2 kg.
- Rezistenţa unui rezistor este de 10 Ω.

nu este corect să se spună şi scrie:

- Suprafaţa unui corp este de 1 m^2.
- Un obiect are 2 kg.
- Rezistenţa unei rezistenţe electrice este de 10 Ω.

3 Reguli privind denumirile unităţilor de măsură

• Denumirile unităţilor de măsură sunt exprimate, în lume, în limbaje diferite. Ele pot diferi, dar pot fi şi identice. De exemplu, unitatea SI fundamentală de lungime este denumită **metru** în limba română şi **meter** în limbile germană şi slovacă, iar unităţile SI derivate de frecvenţă, tensiune electrică şi flux luminos sunt denumite, atât în limba română cât şi în alte limbi, **hertz**, **pascal**, **volt** şi, respectiv, **lumen**.

NOTĂ – Denumiri în limba română ale unităţilor de măsură legale în România precum şi ale altor unităţi aflate în uz în lume sunt prezentate în referinţele 1, 3, 5, 6 şi 7.

• Denumirea unei unităţi începe întotdeauna cu literă minusculă, în afara cazurilor în care reprezintă primul cuvânt al unei fraze şi, de asemenea, în cazul unităţii de temperatură Celsius. De exemplu,

este corect să se scrie:

- Unitatea SI derivată de lucru mecanic este denumită joule.
- Unitatea SI derivată de temperatură Celsius este gradul Celsius.

nu este corect să se scrie:

- Unitatea SI derivată de lucru mecanic este denumită Joule.
- Unitatea SI derivată de temperatură Celsius este Gradul Celsius.

• Denumirile unităţilor derivate compuse formate prin înmulţirea unor unităţi se scriu cu/fără linie despărţitoare între ele. De exemplu, pascal secundă sau pascal – secundă; amper oră sau amper – oră.

• Denumirile unităților derivate, compuse formate prin împărțirea unor unități se scriu utilizând prepoziția **pe** și nu o bară între ele. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ radian pe secundă	▪ radian/secundă
▪ volt pe metru	▪ volt/metru
▪ coulomb pe mol	▪ coulomb/mol

NOTĂ – În ceea ce privește simbolurile unităților, a se vedea pct. 4.

• Denumirilor unităților de măsură li se aplică regulile gramaticale ale limbii române pentru substantive comune, atât în ceea ce privește articularea cât și în ceea ce privește formarea pluralului, întrucât, cu excepția unității SI derivate **unu** (1), care este numeral, toate denumirile unităților, atât cele ce derivă de la nume comune cât și cele ce derivă de la nume proprii, sunt substantive comune. De exemplu, secundă → secundei → secunde; milimetru coloană de mercur → milimetrului coloană de mercur → milimetri coloană de mercur; volt → voltului → volți; grad Celsius → gradului Celsius → grade Celsius; katal → katalului → katali; electronvolt → electronvoltului → electronvolți. Excepție se face în cazul unității **tesla**, care este utilizată, prin tradiție, sub aceeași formă și la plural, precum și în cazul unităților **henry** și **gray**, care rămân, de asemenea, neschimbate la plural.

• Pluralul denumirii unităților derivate compuse exprimate printr-un produs de unități se formează prin preluarea formei pluralului de către prima din unități. De exemplu, ohm metru → ohmi metru; lumen oră → lumeni oră sau ohm - metru → ohmi – metru; lumen - oră → lumeni – oră.

• În cazul unităților derivate compuse exprimate printr-un cât de unități, pluralul denumirii se formează prin preluarea formei pluralului de către unitatea de la numărător sau, după caz, de către prima unitate de la numărător, dacă la numărător se află o unitate derivată compusă exprimată printr-un produs de unități. Excepție fac unitățile de forma „**unu pe...**" a căror denumire rămâne neschimbată la plural. De exemplu, radian pe secundă → radiani pe secundă; pascal secundă pe metru → pascali secundă pe metru; watt pe metru kelvin → wați pe metru kelvin; unu pe metru → unu pe metru; unu pe grad Celsius → unu pe grad Celsius.

NOTĂ – Reguli privind simbolurile mărimilor fizice sunt prezentate în referințele [2, 6, 12].

4 Reguli privind simbolurile unităților de măsură

• Simbolurile unităților de măsură sunt constituite din una sau mai multe litere majuscule și/sau minuscule ale alfabetului latin sau grec, care, conform definiției unităților respective, pot fi scrise fie la puteri pozitive, fie la puteri negative. De exemplu, **m** pentru unitatea de lungime *metru*, $\mathbf{m^2}$ pentru unitatea de arie *metru pătrat*, $\mathbf{s^{-1}}$ pentru unitatea de măsură a coeficientului de amortizare *secundă la puterea minus unu* (sau *unu pe secundă*), **Hz** pentru unitatea de frecvență *hertz*, **Ω** pentru unitatea de rezistență electrică *ohm*, $\mathbf{K^{-1}}$ pentru unitatea de măsură a coeficientului de dilatare termică *unu pe kelvin* (sau *kelvin la puterea minus unu*), **mol** pentru unitatea de cantitate de substanță *mol*, **Gy** pentru unitatea de doză absorbită *gray*. Excepție face simbolul **°C** pentru unitatea de temperatură Celsius *grad Celsius* în care este inclus semnul °.

NOTĂ – Semnul ° reprezintă simbolul unității legale din afara SI *grad* (sexagesimal) a mărimii unghi plan, admisă a fi utilizată în paralel cu unitatea SI derivată *radian* (simbol **rad**).

• Simbolurile unităților SI sunt internaționale și independente de limbaj. De exemplu, m, m^2, s^{-1}, Hz, Ω, K^{-1}, mol, Gy.

Excepții există în cazul unor unități din afara SI. De exemplu, simbolul unității legale *rotație pe minut* a mărimii frecvență de rotație (sau turație) este în limba română **rot/min**, iar în limbile engleză și franceză este **rev/min**, respectiv **tr/min**.

• Unele unităţi din afara SI, care sunt admise a fi utilizate împreună cu SI, nu au simboluri. De exemplu, unităţile **mile**, unitate de lungime utilizată în ţări anglo-saxone [1 mile = 1 609, 344 m (exact)]; **carat metric**, unitate de masă utilizată numai pentru masa metalelor preţioase [1 carat metric = 200 mg (exact)]; **dioptrie**, unitate de vergenţă utilizată numai pentru vergenţa sistemelor optice (1 dioptrie = 1 m^{-1}).

• Simbolurile unităţilor se tipăresc cu caractere romane/drepte, în general minuscule, oricare sunt caracterele utilizate în text. Dacă, însă, denumirea unei unităţi derivă de la un nume propriu, atunci simbolul sau prima literă a simbolului, în cazul în care acesta este constituit din mai mult de o literă, cu excepţia simbolului unităţii de temperatură Celsius, este scris cu literă majusculă. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ s	▪ *s*
▪ Hz	▪ *Hz*
▪ mol	▪ *mol*
▪ cd	▪ *cd*
▪ Bq	▪ *Bq*
▪ °C	▪ *°C*

• Familia de caractere utilizate într-un text pentru scrierea simbolurilor unităţilor este, în general, aceea a textului, dar această regulă nu este obligatorie.

• Simbolurile unităţilor nu sunt urmate, într-un text, de nici un semn de punctuaţie, în afara cazului în care acesta face parte din punctuaţia normală. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ Durata de deplasare a unui mobil este de 15 min şi nu de 16 min.	▪ Durata de deplasare a unui mobil este de 15 min. şi nu de 16 min.
▪ Simbolul minutului este min, iar simbolul h este simbol al orei.	▪ Simbolul min. este simbol al minutului, iar simbolul h. este simbol al orei.

• Simbolul unei unităţi derivate compuse formată prin înmulţirea unor unităţi se exprimă prin simboluri ale unităţilor respective separate printr-un punct situat la semiînălţimea lor sau printr-un spaţiu. De exemplu, N·m sau N m; A·h sau A h.

Forma de scriere fără spaţiu poate fi utilizată cu condiţia să se aibă grijă deosebită pentru evitarea unei posibile confuzii, atunci când simbolul uneia din unităţi este identic cu simbolul unui prefix SI, (a se vedea pct. 5). De exemplu, mN semnifică milinewton nu metru newton.

Un mod de scrierea fără punct, cu/fără spaţiu, este utilizat, prin tradiţie, în cazul simbolului kW·h, care este scris sub forma kW h **sau**, chiar, kWh. Alte exemple:

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ mΩ·m	▪ mΩm
▪ mT·m	▪ mTm

pentru simbolul submultiplului miliohm metru şi, respectiv, al submultiplului militesla metru.

• Simbolul unei unităţi derivate compuse formată prin împărţirea unor unităţi este exprimat prin simbolurile unităţilor respective separate printr-o bară orizontală (–) sau o bară oblică (/) sau scriind simbolul unităţii de la numitor la o putere negativă. De exemplu, $\frac{m}{s}$ sau m/s sau $m \cdot s^{-1}$. Alte exemple:

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ $\frac{kg}{m^3}$ sau kg/m^3 sau $kg \cdot m^{-3}$	▪ kilogram/m3 sau kg pe metru cub sau kilogram-metru cub^{-1}
▪ $\frac{J}{kg}$ sau J/kg sau $J \cdot kg^{-1}$	▪ joule/kilogram sau joule-$kilogram^{-1}$

NOTĂ – Se poate scrie, de asemenea, kilogram pe metru cub şi joule pe kilogram.

• O bară oblică (/) nu trebuie, niciodată, să fie urmată, pe acelaşi rând, de un semn de înmulţire sau de împărţire, din care motiv, pentru evitarea oricărei ambiguităţi, trebuie să se utilizeze paranteze, iar în cazuri complicate trebuie utilizată scrierea sub formă de puteri negative. În plus, simbolul unei astfel de unităţi derivate compuse nu trebuie să conţină mai mult de o bară oblică. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ $\frac{m}{s^2}$ sau m/s^2 sau $m \cdot s^{-2}$	▪ m/s/s
▪ $m \cdot kg/(s^3 \cdot A)$ sau $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	▪ $m \cdot kg/s^3 \cdot A$ sau $m \cdot kg/s^3/A$
▪ $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ sau $W/(m^2 \cdot K)$ sau $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	▪ $W/m^2 \cdot K$ sau $W/m^2/K$

• Simbolurile unităţilor rămân invariabile la plural. De exemplu, 1 m → 5 m; 1 $m \cdot s^{-1}$ → 3 $m \cdot s^{-1}$; 1 Hz → 50 Hz; 1 bar → 2 bar; 1 K → 1800 K; 1 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ → 4,5 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$; 1 mol → 1,5 mol; 1 eV → 18 eV.

• Semnul de înmulţire a numerelor ×, (a se vedea pct. 6), nu trebuie utilizat ca semn de înmulţire a simbolurilor unităţilor. Acest semn poate fi utilizat pentru exprimarea dimensiunilor geometrice. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ 4,7 Pa·s	▪ 4,7 Pa × s
▪ 10,9 s·A	▪ 10,9 s × A
▪ 25 mm × 35 mm × 45 mm	▪ 25 × 35 × 45 mm

Dar, în cazul unui cablu electric cu 3 conductoare, fiecare conductor având aria secţiunii de 1,2 mm^2, este utilizat modul de scriere sub forma 3 × 1,2 mm^2.

• Simbolul **1** al unităţii SI derivate **unu** a unei mărimi fără dimensiune nu se scrie, în general, în mod explicit, atunci când este exprimată valoarea acelei mărimi. Excepţie se face în cazul în care unitatea **unu** (1) are o denumire specială. De exemplu, se scrie *d* (respectiv densitatea relativă) = 0,825 şi τ (respectiv factorul de transmisie) = 0,906 **sau** τ = 90,6 %, dar se scrie α = 1,25 rad (unde α este simbolul unghiului plan, iar **rad** reprezintă simbolul unităţii SI derivate **radian**).

• Simbolul **%** este recunoscut internaţional pentru **numărul 0,01** şi nu pentru denumirea **procent**. Când este utilizat acest simbol, trebuie, totuşi, ca între el şi numărul cu care este înmulţit să existe un spaţiu, ca în exemplul de mai sus. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ 0,825 = 82,5 %	▪ 82,5% sau 82,5 procente
▪ 0,906 = 90,6 %	▪ 90,6% sau 90,6 procente

• Trebuie evitată utilizarea simbolului **‰** (la mie) pentru numărul **0,001**. De asemenea, nu trebuie utilizat simbolul **ppm** (părţi pe milion) pentru numărul **0,000 001**. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ 0,2 %	▪ 2 ‰ sau 2 la mie
▪ $5,7 \times 10^{-6}$	▪ 5,7 ppm
▪ 0,2 (μA/A)/min	▪ 0,2 ppm/min

• Nu trebuie utilizat simbolul %(*n*/*n*) pentru unitatea **fracţiei cantităţii de substanţă a unui constituent** B, a cărei unitate SI este **unu** (1) şi care este, adesea, exprimată prin numărul **0,01**, cu simbolul %. De asemenea, nu trebuie utilizat simbolul %(*V* / *V*) pentru unitatea **fracţiei volumice a unui constituent** B şi, respectiv, simbolul %(*m*/*m*) pentru unitatea **fracţiei masice a unui constituent** B, a căror unitate SI este **unu** (1) şi care este, adesea, exprimată prin numărul **0,01**, cu simbolul **%**. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ Fracția cantității de substanță este 0,21 sau fracția cantității de substanță este de 21 %.	▪ Fracția cantității de substanță este de 21 %(*n/n*) [sau 21 procente de cantitate de substanță].
▪ Fracția volumică este 0,62 sau fracția volumică este de 62 %.	▪ Fracția volumică este de 62 % (*V/V*) [sau 62 procente de volum].
▪ Fracția masică este 0,58 sau fracția masică este de 58 %.	▪ Fracția masică este de 58 % (*m/m*) [sau 58 procente de masă].

NOTĂ – Este, de asemenea, corect să se scrie $x_B = 0{,}21$ sau $x_B = 21$ %, $\varphi_B = 0{,}62$ sau $\varphi_B = 62$ % și $\omega_B = 0{,}58$ sau $\varphi_B = 58$ %, unde x_B, φ_B și ω_B sunt simboluri ale celor trei mărimi specificate mai sus.

• Nu este corect ca denumirilor și simbolurilor unităților sau ale multiplilor și submultiplilor unităților, (a se vedea pct. 5), să li se adauge atribute sau semne și să fie inversate, omise, modificate sau prescurtate denumiri sau simboluri pentru a se furniza informații referitoare la natura specială a mărimilor corespunzătoare sau la condițiile de efectuare a măsurărilor. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ **metru**, cu simbolul **m**	▪ **metru**, cu simbolul **mtr** sau **metru liniar**, cu simbolul **ml**
▪ **micrometru**, cu simbolul **μm**	▪ **micron,** cu simbolul **μ**
▪ **kilometru**, cu simbolul **km**	▪ **kilometru**, cu simbolul **Km**
▪ **metru pătrat,** cu simbolul **m^2**	▪ **metru patrat**, cu simbolul **mp**
▪ **metru cub,** cu simbolul **m^3**	▪ **metru cub**, cu simbolul **mc** sau **normal metru cub**, cu simbolul **Nmc** (sau **Nm^3**) sau **metru cub normal** (**m^3N**)
▪ **centimetru cub,** cu simbolul **cm^3**	▪ **centimetru cub**, cu simbolul **cmc**
▪ **secundă,** cu simbolul **s**	▪ **secundă**, cu simbolul **s.** sau **sec** sau **S**
▪ **kilogram,** cu simbolul **kg**	▪ **kilogram**, cu simbolul **kgr** sau **Kg** sau **KG** sau **kilo** sau **kil**
▪ **gram**, cu simbolul **g**	▪ **gram**, cu simbolul **gr** sau **Gr** sau **GR**
▪ **amper**, cu simbolul **A**	▪ **amper**, cu simbolul **Amp**
▪ **volt**, cu simbolul **V**	▪ **volt eficace**, cu simbolul **V_{ef}**
▪ $U_{max} = 1000$ V	▪ $U = 1000\ V_{max}$
▪ **watt**, cu simbolul **W**	▪ **watt electric**, cu simbolul **W_e**
▪ **grad Celsius**, cu simbolul **°C**	▪ **grad Celsius,** cu simbolul **° C** sau **°** sau **C°**
▪ **mol**, cu simbolul **mol**	▪ **mol**, cu simbolul **Mol**
▪ **candelă**, cu simbolul **cd**	▪ **candelă**, cu simbolul **Cd**

NOTĂ – Reguli privind simbolurile unităților de măsură sunt prezentate în referințele [2,5,6,8,10,11,12].

5 Reguli privind prefixele SI

• Simbolurile prefixelor SI trebuie tipărite cu caractere romane/drepte, fără spațiu între simbolul prefixului și simbolul unității. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ dam	▪ da m
▪ ml sau mL	▪ m l sau m L
▪ MW	▪ M W sau M·W

- Prefixele sunt, de asemenea, inseparabile de denumirile unităţilor cărora le sunt ataşate. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ mililitru	▪ mili litru sau mili-litru
▪ kilokelvin	▪ kilo kelvin sau kilo-kelvin
▪ megawatt	▪ mega watt sau mega-watt

Excepţii de la această regulă sunt admise în câteva cazuri în care este omisă ultima vocală a prefixului. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ hectar	▪ hectoar sau hecto-ar
▪ megohm	▪ megaohm sau mega - ohm

NOTĂ – Un hectar este egal cu 100 ari, respectiv 10^2 a, adică 1 ha = 100 a = 10^2 a.

- Familia de caractere utilizate într-un text pentru scrierea simbolurilor şi a prefixelor este, în general, aceea a textului, dar această regulă nu este obligatorie.
- Nu trebuie utilizate prefixe compuşe. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ nm (nanometru)	▪ mμm (milimicrometru)
▪ GW (gigawatt)	▪ kMW (kilomegawatt)

- Denumirile şi simbolurile multiplilor zecimali ai unităţii SI fundamentale de masă **kilogram** (kg) sunt formate, în mod excepţional, prin ataşarea de prefixe la denumirea **gram,** respectiv la simbolul **g** al gramului. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ miligram (mg)	▪ microkilogram (μkg)
▪ gigagram (Gg)	▪ megakilogram (Mkg)

NOTĂ – Excepţia se datorează faptului că, din motive istorice, unitatea **kilogram** conţine în denumirea sa un prefix, respectiv prefixul kilo(k).

- Multiplii şi submultiplii zecimali ai unităţii SI derivate **unu** (1) nu trebuie exprimaţi prin combinarea simbolului **1** cu un prefix sau, altfel spus, un prefix nu trebuie utilizat, niciodată, singur. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ $10^6/m^3$	▪ M/m^3
▪ 10^{-3} / °C sau 10^{-3} °C^{-1}	▪ m / °C sau m°C^{-1}
▪ 3 μm	▪ 3 μ
▪ $0{,}5 \times 10^{-6}$	▪ 0,5 μ

- Utilizarea simbolurilor de prefixe (sau a prefixelor) la o unitate derivată compusă formată prin înmulţirea unor unităţi poate genera confuzie. De exemplu, este admis să se scrie 5 MV·ms, dar este de preferat să se utilizeze forma de scriere 5 kV·s, întrucât, în acest fel, simbolul prefixului (sau prefixul) este utilizat numai la prima unitate, ceea ce este recomandabil.
- De asemenea, poate genera confuzie utilizarea simbolurilor de prefixe (sau a prefixelor) la numărătorul şi la numitorul unei unităţi derivate compuse formată prin împărţirea unor unităţi. De exemplu, este admis să se scrie 12 kV/mm, dar este de preferat să se utilizeze forma de scriere 12 MV/m, întrucât, în acest fel, simbolul prefixului (sau prefixul) este utilizat numai la numărător, ceea ce este recomandabil.
- Sunt situaţii în care multiplii unor unităţi derivate compuse ce se exprimă printr-o împărţire de unităţi se pot forma ataşând prefixe fie la unitatea de la numărător, fie la unitatea de la numitor, fie la ambele unităţi. De exemplu, multiplii megagram pe metru cub (Mg/m^3), kilogram pe decimetru cub (kg/dm^3) şi gram pe centimetru cub (g/cm^3).Aceşti multipli ai unităţii SI derivate de densitate **kilogram pe metru cub** (kg/m^3)

sunt echivalenți. Este recomandabil, în conformitate cu cele precizate mai sus, să fie utilizat multiplul megagram pe metru cub (1 $Mg/m^3 = 10^3$ kg/m^3).

- Simbolul format prin atașarea simbolului unui prefix la simbolul unei unități constituie un nou simbol, inseparabil, respectiv simbolul unui multiplu sau submultiplu al acelei unități, care poate fi ridicat la o putere pozitivă sau negativă și care poate fi combinat cu alte simboluri de unități pentru a forma simboluri ale altor unități. De exemplu,
  - $1\ cm^3 = (10^{-2}\ m)^3 = 10^{-6}\ m^3$
  - $2{,}5\ cm^3 = 2{,}5\ (cm)^3 = 2{,}5\ (10^{-2}\ m)^3 = 2{,}5\times10^{-6}\ m^3$
  - $1\ \mu s^{-1} = (10^{-6}\ s)^{-1} = 10^6\ s^{-1}$
  - $0{,}7\ \mu s^{-1} = 0{,}7\ (\mu s)^{-1} = 0{,}7\ (10^{-6}\ s)^{-1} = 0{,}7\times10^6\ s^{-1}$
  - $1\ m\Omega^{-1} = (10^{-3}\ \Omega)^{-1} = 10^3\ \Omega^{-1}$
  - $12{,}4\ m\Omega = 12{,}4\ (m\Omega)^{-1} = 12{,}4\ (10^{-3}\ \Omega)^{-1} = 12{,}4\times10^3\ \Omega^{-1}$
  - $1\ V/cm = (1\ V)/(10^{-2}\ m) = 10^2\ V/m$
  - $60\ kV/cm = 60\ (10^3 V)/(10^{-2}\ m) = 6\times10^6\ V/m$

NOTĂ – Reguli privind prefixele SI sunt prezentate în referințele [2,6,7,8,11,12].

6 Reguli privind scrierea și exprimarea valorilor mărimilor fizice

- Valoarea unei mărimi fizice M este exprimată prin ecuația $M = \{M\}[M]$, denumită **ecuația măsurării**, unde $\{M\}$ și $[M]$ reprezintă **valoarea numerică**, respectiv **unitatea de măsură**. Valoarea numerică $\{M\}$, a cărei evaluare constituie obiectul unei măsurări, este exprimată sub forma $\{M\} = \dfrac{M}{[M]}$. De exemplu, rezultatul măsurării unei presiuni, exprimată în unitatea SI derivată *pascal* (simbol Pa), se scrie $\dfrac{p}{[p]_{SI}} = 165$ sau $p/\mathrm{Pa} = 165$ sau $p(\mathrm{Pa}) = 165$ sau presiunea (Pa) = 165, ceea ce înseamnă că valoarea presiunii măsurate este 165 Pa sau, altfel spus, valoarea numerică a presiunii, exprimată în unitatea SI „pascal" (simbol Pa), este 165. Alte exemple de scriere a valorii numerice a unei mărimi:
  - $\dfrac{f}{\mathrm{Hz}} = \ldots$ sau $f/\mathrm{Hz} = \ldots$ sau $f(\mathrm{Hz}) = \ldots$ sau frecvența (Hz) = ...
  - $\dfrac{c}{\mathrm{m/s}} = 299\ 792\ 458$ sau $\dfrac{c}{\mathrm{m \cdot s^{-1}}} = 299\ 792\ 458$ sau $c/(\mathrm{m \cdot s^{-1}}) = 299\ 792\ 458$, unde c este viteza luminii în vid și valoarea sa este considerată exactă.
  - $\dfrac{T}{10^3\ \mathrm{K}} = 2{,}8$ sau $T/(10^3\ \mathrm{K}) = 2{,}8$ sau $\dfrac{T}{\mathrm{K}} = 2\ 800$ sau $T/\mathrm{K} = 2\ 800$ sau $T(\mathrm{K}) = 2\ 800$
- Nu este corect să fie utilizate următoarele forme de scriere pentru exprimarea valorii unei mărimi, de exemplu a timpului și a presiunii: $t,\mathrm{s} = 46$ sau $\dfrac{t}{(\mathrm{s})} = 46$ și, respectiv, $p,\mathrm{Pa} = 165$ sau $\dfrac{p}{(\mathrm{Pa})} = 165$.

NOTĂ – Nu este, de asemenea, corect să se spună și scrie „valoarea măsurată" ci „rezultatul măsurării" sau „valoarea mărimii" sau „valoarea mărimii măsurate" sau „valoarea măsurandului" și nici să se spună și scrie **mărimea *M*** (de exemplu, presiunea atmosferică) este de $\{M\}[M]$ sau are valoarea $\{M\}[M]$, unde $\{M\}$ și $[M]$ au semnificațiile specificate mai sus.

- Valoarea unei mărimi, exprimată printr-un număr asociat cu simbolul unității acelei mărimi, trebuie tipărită cu cifre și, respectiv, caractere romane/drepte. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ 75 mA	▪ *75 mA*

• Semnul zecimal utilizat pentru scrierea numerelor zecimale este, în România, o virgulă. Dacă valoarea absolută a unui număr este mai mică decât **unu** (1), atunci semnul zecimal trebuie precedat de un zero (0). De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ 163,485 mS	▪ 163.485 mS
▪ 0,01 °C	▪ 0.01 °C

În unele ţări, îndeosebi în ţări anglo-saxone, este utilizat pentru semnul zecimal un punct. De exemplu, 163.485 mS; 0.01 °C.

• În expresia valorii unei mărimi, simbolul unităţii trebuie situat după valoarea numerică, exprimată prin numere întregi sau zecimale, lăsându-se un spaţiu, ca între două cuvinte, între valoarea numerică şi prima literă a simbolului unităţii, dacă acesta este constituit din mai mult de o literă. În concordanţă cu această regulă, simbolul **°C** pentru unitatea SI **grad Celsius** trebuie precedat de un spaţiu faţă de valoarea numerică. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ 60 s	▪ 60s
▪ 25,5 °C	▪ 25,5°C sau 25,5° C
▪ 159,9 cd	▪ 159,9cd

Excepţii de la această regulă sunt admise numai pentru scrierea valorilor unghiului plan exprimate în unităţi sexazecimale – unităţi din afara SI, respectiv unităţile **grad** (sexazecimal) (°), **minut** (sexagesimal) (′) şi **secundă** (sexagesimală) (″), în care caz nu trebuie să existe un spaţiu între valoarea numerică şi simbolul unităţii. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ 25°	▪ 25 °
▪ 17′	▪ 17 ′
▪ 43″	▪ 43 ″
▪ 25°17′43″	▪ 25° 17′ 43″ sau 25 °17 ′43 ″

• Valoarea unei mărimi trebuie exprimată utilizând numai o singură unitate. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ 5,475 m	▪ 5m47cm5mm sau 5m,47cm,5mm

Excepţie se face în cazul exprimării valorii unghiului plan. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ 25°17′43″ sau 25 grade 17 minute 43 secunde	▪ 25°, 17′, 43″ 25 grade, 17 minute,43 secunde

• Denumirile şi simbolurile unor unităţi simple diferite şi/sau ale unor multipli sau submultipli care alcătuiesc denumiri şi, respectiv, simboluri ale unor unităţi derivate compuse sub forma unui cât de unităţi, nu trebuie utilizate împreună. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ km/h sau $km \cdot h^{-1}$ sau kilometru pe oră	▪ km/oră; km pe h; kilometru/oră; kilometru/h
▪ cd/m^2; $cd \cdot m^{-2}$ sau candelă pe metru pătrat	▪ candelă/m^2; candelă pe m^2; candelă·m^{-2}; candelă/metru pătrat; cd/metru pătrat; cd pe m^2

• De asemenea, simbolul sau denumirea unei unităţi sau a unui multiplu sau submultiplu nu trebuie utilizate împreună cu valoarea numerică a mărimii corespunzătoare, scrisă cu litere. De exemplu,

este corect să se scrie:	*nu este corect să se scrie:*
▪ 7 min sau 7 minute	▪ şapte min sau şapte minute

▪ 75 km/h sau 75 kilometri pe oră	▪ şaptezeci şi cinci km/oră sau şaptezeci şi cinci kilometri pe oră
▪ Temperatura creşte cu 2 °C în 5 h sau temperatura creşte cu 2 grade Celsius în 5 ore	▪ Temperatura creşte cu două °C în cinci h sau temperatura creşte cu două grade Celsius în cinci ore

• Nu este admis ca specificarea unităţilor şi a multiplilor sau submultiplilor unităţilor să se facă, într-un text, prin simboluri, atunci când acestea nu sunt asociate valorilor numerice ale mărimilor corespunzătoare. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ Sarcina electrică este exprimată în unitatea coulomb (sau în coulombi).	▪ Sarcina electrică este exprimată în unitatea C (sau în C).
▪ Activitatea unui radionuclid este exprimată în multiplul kilobecquerel (sau în kilobecquereli).	▪ Activitatea unui radionuclid este exprimată în kBq.

• Scrierea numerelor cu mai mult de 4 cifre trebuie să se facă prin separarea cifrelor printr-un mic spaţiu, în grupe de câte 3 cifre alăturate, începând de la virgulă spre stânga şi, respectiv, spre dreapta, în cazul numerelor zecimale sau începând de la dreapta spre stânga, în cazul numerelor întregi. În spaţiul dintre grupele de câte 3 cifre nu trebuie să se scrie o virgulă sau un punct. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ 12 351,869 437	▪ 12351,869437
▪ 543 908	▪ 543908 sau 543,908 sau 543.908

• Regula de mai sus, care este utilă pentru uşurarea citirii cifrelor, poate fi aplicată, inclusiv în cadrul numerelor cu patru cifre, cu excepţia acelor numere care exprimă anul calendaristic sau numărul de ordine al unui standard. De exemplu, se scrie **anul 2001** şi, respectiv, **ISO/IEC 17025:1999**.

• Valorea unei mărimi trebuie să fie exprimată astfel încât să rezulte cu claritate unitatea de măsură şi domeniul de valori al mărimii la care se face referire. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ 25 nm ... 100 nm sau (25 ... 100) nm	▪ 25 ... 100 nm
▪ 0 V ... 10 V sau (0 ... 10) V	▪ 0 ... 10 V sau 0 - 10 V
▪ 0 °C ... 200 °C sau (0 ... 200) °C	▪ 0 ... 200 °C sau 0 ° ... 200 °C
▪ 50 % ± 2 % sau (50 ± 2) %	▪ 50 ± 2 %
▪ 220 × (1 ± 10 %) V	▪ 220 V ± 10 %

• Dacă valoarea unei mărimi este exprimată ca sumă sau diferenţă de valori, atunci fie este utilizată paranteza pentru combinarea valorilor numerice, situând simbolul comun al unităţii după valoarea numerică completă, fie expresia valorii numerice este scrisă ca sumă sau diferenţă a valorilor. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ $m = 22\ \text{kg} - 7\ \text{kg} = 15\ \text{kg}$ sau $m = (22 - 7)\ \text{kg} = 15\ \text{kg}$	▪ $m = 22 - 7\ \text{kg} = 15\ \text{kg}$
▪ $L = 30{,}5\ \text{J} \pm 0{,}5\ \text{J}$ sau $L = (30{,}5 \pm 0{,}5)\ \text{J}$	▪ $L = 30{,}5 \pm 0{,}5\ \text{J}$
▪ $E = (1\ 280{,}0 \pm 2{,}5)\ \text{lx}$	▪ $E = (1\ 280 \pm 2{,}5)\ \text{lx}$

• Semnul de înmulţire a numerelor este ×. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ 303×8527	▪ 303·8527
▪ 250 m/s ×16	▪ 250 m/s ·16

• Dacă punctul la semiînălțimea unei cifre este utilizat ca semn de înmulțire, ca în texte anglo-saxone, atunci virgula este utilizată ca semn zecimal, iar dacă punctul este utilizat ca semn zecimal, atunci semnul × este utilizat ca semn de înmulțire. De exemplu, 303,25 · 8527,65, respectiv 303.25 × 8527.65. Alte exemple:

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ 25 936	▪ 25,936 sau 25.936
▪ 61 475,908 43	▪ 61.475,90843 sau 61,475.908,43
▪ 0,3719 sau 0,371 9	▪ 0.37 19 sau 0.3719
▪ 104 × 79,5	▪ 104·79.5
▪ 9 408,251 6 sau 9408,2516	▪ 9408.2516
▪ 9408,25 × 0,3719	▪ 9408.25·0.3719

NOTĂ – În documentele ISO, punctul nu este utilizat între numere pentru a indica o înmulțire.

• Multiplii și submultiplii unei unități trebuie aleși astfel încât valoarea numerică exprimată a mărimii corespunzătoare să fie cuprinsă între 0,1 și 1 000. Simbolurile prefixelor utilizate trebuie să reprezinte, în aceste cazuri, numărul 10 ridicat la o putere care este multiplu de 3. De exemplu,

este corect să se scrie:	***nu este corect să se scrie:***
▪ $l = 6{,}454 \times 10^{-6}$ m = 6,454 μm	▪ l = 0,006 454 mm
▪ $t = 73 \times 10^{-9}$ s = 73 ns	▪ $t = 7{,}3 \times 10^{-8}$ s
▪ $m = 126{,}5 \times 10^{-3}$ g = 126,5 μg	▪ m = 0,000 126 g
▪ $p = 25 \times 10^{3}$ N = 25 kN	▪ $p = 2{,}5$ N $\times 10^{4}$ N
▪ $R = 3{,}9 \times 10^{6}$ Ω = 3,9 MΩ	▪ R = 3 900 000 Ω

O excepție de la această regulă este admisă la indicarea cotelor pe desene și în capetele de coloană ale tabelelor de valori, cazuri în care este recomandabil să se utilizeze același multiplu sau submultiplu pentru exprimarea valorilor numerice ale mărimii specificate, chiar și în situațiile în care valorile numerice sunt în afara intervalului 0,1...1 000. De exemplu, submultiplul milimetru (mm) este utilizat pentru specificarea dimensiunilor liniare pe majoritatea desenelor tehnice; se preferă să se scrie 12 mm × 5 mm × 0,030 mm în loc de 1,2 cm × 5 mm × 30 μm.

• Rotunjirea unui număr, respectiv a valorii numerice a rezultatului unei măsurări, inclusiv a incertitudinii de măsurare, operație prin care numărul rotunjit are mai puține cifre decât numărul care se rotunjește și care este, de asemenea, utilizată pentru conversia valorilor numerice ale unei mărimi la schimbarea unității de măsură, respectiv la trecerea de la o unitate la o altă unitate, trebuie efectuată pe baza următoarelor reguli:

a) Dacă prima din cifrele la care se renunță ale unui număr este mai mică decât 5, atunci numărul care precede cifrele ce se înlătură nu se schimbă;
b) Dacă prima din cifrele la care se renunță ale unui număr este 5 și dacă una din cifrele care urmează este mai mare decât zero, atunci ultima cifră care precede cifrele ce se înlătură se mărește cu unu;
c) Dacă prima din cifrele la care se renunță ale unui număr este 5 și dacă toate cifrele ce îi urmează sunt zero, atunci cifra care precede cifrele ce se înlătură nu se schimbă în cazul în care numărul este par și se mărește cu unu în cazul în care numărul este impar.

De exemplu, dacă numărul de rotunjit este 2,963 9715 și dacă rotunjirea se efectuează, succesiv, la 2, 3, 4, 5, 6, 7 cifre semnificative, atunci numărul rotunjit este 3,0; 2,96; 2,964; 2,9640; 2,963 97, și respectiv, 2,963 972, iar dacă numărul de rotunjit ar fi 2,963 9705 și rotunjirea s-ar efectua la 7 cifre semnificative, atunci numărul rotunjit ar fi 2,963 970.

• Valoarea numerică a incertitudinii standard compuse $u_c(y)$ precum și a incertitudinii (standard) extinse $U = k_p u_c(y)$ (unde k_p este factorul de extindere și are valori în intervalul 2...3), care este, prin definiție, număr pozitiv, delimitează un interval de valori în care se găsește, cu o probabilitate p specificată, valoarea adevărată a mărimii măsurate. Această valoare trebuie să aibă cel mult două cifre semnificative și să fie

exprimată în aceeaşi unitate de măsură ca şi măsurandul, ceea ce implică efectuarea unei operaţii adecvate de rotunjire a sa şi/sau a valorii numerice a estimaţiei y a măsurandului. În plus, rezultatul măsurării unei mărimi trebuie să aibă ultimele cifre de acelaşi rang cu cifrele incertitudinii. De exemplu, dacă rezultatul măsurării unui curent electric este I = 100, 000 057 68 A şi dacă incertitudinea standard compusă evaluată este $u_c(I)$ = 0,000 001 664 A, atunci,

este corect să se scrie:

- $u_c(I) = 1{,}7\times10^{-6}$ A sau $u_c(I)/\text{A} = 1{,}7\times10^{-6}$
- $u_c(I)/I = 1{,}7\times10^{-8}$

nu este corect să se scrie:

- $u_c(I) = \pm\, 1{,}66\times10^{-6}$ A
- $u_c(I)/I = \pm\, 1{,}66\times10^{-8}$,

unde $u_c(I)/I$ este incertitudinea standard compusă relativă, şi

- I = (100,000 0577 ± 0,000 0017) A
- I = (100,000 057 7 ± 0,000 001 66) A
- I = (100,000 057 68 ± 0,000 001 664) A,

unde 100,000 0577 reprezintă valoarea numerică a estimaţiei măsurandului, iar 0,000 0017 este valoarea numerică a incertitudinii standard compuse $u_c(I)$ asociate (ale cărei limite nu definesc un interval de încredere ci intervalul de valori în care se găseşte, cu probabilitatea p ≈ 68 %, valoarea adevărată a măsurandului). Valoarea curentului electric I şi incertitudinea standard compusă asociată $u_c(I)$ pot fi exprimate corect în următorul mod:

I = 100,000 0577 A (sau I/A= 100,000 577) şi, respectiv, $u_c(I) = 1{,}7\times10^{-6}$ A.

- Alte exemple de exprimare corectă a rezultatelor măsurărilor unor mărimi M_i (i = 1,2,...,5) şi a incertitudinilor standard compuse $u_c(M_i)$ asociate:

- $M_1 = -\,125{,}4369\ [M_1]$
- $M_2 = 0{,}527\ [M_2]$
- $M_3 = 25{,}8\ [M_3]$
- $M_4 = 146,\ 208\ [M_4]$
- $M_5 = 9375\ [M_5]$

- $u_c(M_1) = 0,\ 0023\ [M_1]$
- $u_c(M_2) = 0{,}012\ [M_2]$
- $u_c(M_3) = 0{,}2\ [M_3]$
- $u_c(M_4) = 0{,}005\ [M_4]$
- $u_c(M_5) = 12\ [M_5]$,

unde $[M_i]$ sunt unităţi legale, iar $u_c(M_i)$ au cel mult două cifre semnificative.

NOTĂ – Reguli privind scrierea şi exprimarea valorilor mărimilor fizice sunt prezentate în referinţele [2,6,8,10,12].

*
* *

- În final, unele precizări privind unii „termeni fundamentali şi generali în metrologie" [9]:
  - Deşi se spune, de regulă, „măsurare" şi „metrologia este ştiinţa măsurării" este, încă, menţinut în uz, în unele domenii de activitate, termenul „măsurătoare". Se uită, deci, că nu se spune şi nici nu se scrie „metrologia este ştiinţa măsurătorii" şi nici „eroare de măsurătoare" sau „incertitudine de măsurătoare".
  - Se consideră, adesea, a fi sinonimi termenii „eroare" şi „incertitudine", din care cauză, în mod eronat, eroarea de măsurare (a unei mărimi) este considerată ca fiind echivalentă cu incertitudinea de măsurare (de exemplu, cu incertitudinea de atribuire a valorii unui etalon).
  - O altă eroare se comite, adesea, considerându-se a fi sinonimi termenii „exactitate" şi „precizie", ceea ce nu este corect. În legătură cu aceşti termeni trebuie precizat, în primul rând, că ambii sunt **calitativi** [9], corespondenţii lor cantitativi fiind, în metrologie, termenii „incertitudine" şi, respectiv, „fidelitate" (ale cărei măsuri extreme sunt „repetabilitatea" şi „reproductibilitatea") [13]. Se spune, de exemplu, corect că incertitudinea (nu exactitatea) de măsurare a unei temperaturi cu un termometru din sticlă cu Hg este de 0,02 °C. Este, de asemenea, corect să se spună şi scrie „clasă de exactitate" în loc de „clasă de precizie", când este vorba despre un mijloc de măsurare.

• Respectarea regulilor adoptate şi aplicate în lumea metrologiei, căreia România îi aparţine, din anul 1883, când a aderat la Convenţia Metrului, se impune cu absolută necesitate. România îşi aduce, astfel, contribuţia, prin organul de stat pentru metrologie, la **asigurarea uniformităţii unităţilor de măsură metrice şi, de asemenea, la asigurarea corectitudinii şi exactităţii măsurărilor pe plan naţional şi internaţional** [1].

REFERINŢE

[1] *Fănel Iacobescu*, Sistemul Internaţional de Unităţi (SI) – referenţial mondial în măsurările mărimilor fizice, Metrologie, vol. XLIII (serie nouă), nr. 3-4/2001, pp 76-88

[2] Bureau International des Poids et Mesures, Le Systčme international d'unités (SI), 7^{e} édition, Paris, 1998

[3] *Gheorghe P. Ispăşoiu*, Sistemul Metric – un prim pas în unificarea mondială a unităţilor de măsură, Metrologie, vol. XLIII (serie nouă), nr. 3-4/2001, pp 67-75

[4] Biroul Român de Metrologie Legală, Momente importante ale istoriei unităţilor de măsură metrice în România, redactori responsabili *Gheorghe P. Ispăşoiu* şi *George – Victor Ionescu*, Metrologie, vol. XLIII (serie nouă), nr. 3-4/2001, pp 111-118

[5] Biroul Român de Metrologie Legală, Unităţi de măsură legale, responsabili de proiect *Gheorghe P. Ispăşoiu*, *George – Victor Ionescu*, *Anca Niculescu*, Metrologie, vol. XLIII (serie nouă), nr. 3-4/2001, pp 90-96

[6] SR ISO 31-0: 1995, Mărimi şi unităţi. Principii generale, responsabil de anteproiect *Gheorghe P. Ispăşoiu* (Versiune română a ISO 31-0: 1992, Quantities and units. General Principles, Genève, Switzerland)

[7] SR ISO 1000: 1995, Unităţi SI şi recomandări de utilizare a multiplilor şi submultiplilor acestora şi a altor unităţi, responsabil de anteproiect *Gheorghe P. Ispăşoiu* (Versiune română a ISO 1000:1992, SI units and recommendation for the use of their multiples and of certain other units, Genève, Switzerland)

[8] International Organisation for Standardisation (ISO), SI Guide International System of Units, Genève, Switzerland, 1998

[9] International Organization for Standardization (ISO), The International vocabulary of basic general terms in metrology (VIM), the second edition, 1993 [în versiune română: SR 13251:1996, Vocabular internaţional de termeni fundamentali şi generali în metrologie (responsabili de anteproiect: *Gheorghe P. Ispăşoiu* şi *Aurel Millea*)]

[10] International Organization for Standardization (ISO), Guide to the evaluation and expression in measurement (GUM), first edition, printed by ISO in 1993 (corrected and reprinted in 1995) [în versiune română SR 13434:1999, Ghid pentru evaluarea şi exprimarea incertitudinii de măsurare (responsabili de anteproiect: *Gheorghe P. Ispăşoiu*, *Aurel Millea* şi *Elena Bordescu*)]

[11] Council of the European Communities, 80/181/ EEC, Units of measurement, Official Journal of the European Communities, 15.2.1980, 3.1.1985, 7.12.1989 and 9.2.2000

[12] NIST Special Publication 811, 1995 Edition, Guide for Use of the International System of Units (SI), *Barry N. Taylor*, Physics Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg

[13] ISO 5725-1:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1: General principles and definitions [în versiune română: SR ISO 5725-1:1997, Exactitatea (justeţea şi fiabilitatea) rezultatelor măsurării şi a metodelor de măsurare – Partea 1: Principii generale şi definiţii, responsabili de anteproiect: *Gheorghe P. Ispăşoiu* şi *Tamara Iordăchescu*]

BIBLIOGRAFIE

[1] *M. Moreau*, Guide pratique pour Le Système international d'unités (SI). Règles d'écriture des nombres, prefixes, unités et symboles, Revue de L'Institute Français du Petrole, XXXV, No 4, Juillet – Août 1980, pp 754-758

[2] *Gheorghe P. Ispăşoiu*, Reguli de utilizare a unităţilor de măsură şi a multiplilor şi submultiplilor lor, Metrologia Aplicată, vol. XXXI, 1984, nr. 3, pp 99-106

[3] STAS 10085/1-1990, Conversiunea valorilor numerice dintr-un sistem de unităţi în altul. Metode generale de conversiune (responsabil de proiect: *Gheorghe P. Ispăşoiu*)

[4] *E.R. Cohen* and *B.N. Taylor*, The 1986 adjustement of the fundamental physical constants, Revue Moderne of Physics, vol. 59, No 4, October,1987, pp 1121-1148

[5] *B.N. Taylor* and *C.C. Koyott*, Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results, National Institute of Standards and Technology, Special Publication 1227, 1994 Edition

[6] Peter J. Mohr and Barry N. Taylor, CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: 1998, Journal of Physical and Physical and Chemical Reference Data, vol. 28, No 6, 1999, pp 1713-1852

Data: 2001-11-16

Redactori responsabili:

Gheorghe P. Ispăşoiu, INM
Anca Niculescu, INM

BIROUL ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ

MOMENTE IMPORTANTE ALE ISTORIEI UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ METRICE ÎN ROMÂNIA

I „Legea pentru adoptarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi în România", promulgată de domnitorul **Alexandru Ioan Cuza**, la **15 septembrie 1864**

NOTE:

1 Legea a fost publicată în Monitorul Oficial nr. 210 din 21 septembrie 1864.

2 Ultimul articol al legii, respectiv articolul nr. 23, prevedea: „Dispoziţiile legii de faţă se vor pune în aplicare de la **1 ianuarie 1866**".

3 Sarcina aplicării acestei legi a fost atribuită Ministerului de Interne, Agricultură şi Lucrări Publice.

4 România a fost cel de-al 16-lea stat care a adoptat Sistemul Metric de unităţi de măsură creat în Franţa, în 1799.

5 Data de 15 septembrie 1864 poate fi considerată **primul moment important al istoriei unităţilor de măsură metrice în România.**

II „Regulamentul pentru punerea în aplicare a legii pentru adoptarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi în România", aprobat la **12 iunie 1866**

NOTĂ – Lipsa etaloanelor şi a măsurilor de lucru metrice şi, de asemenea, lipsa unui organ coordonator al acţiunilor de aplicare a prevederilor „Legii din 1864" şi a acestui regulament au făcut ca prevederile acestora să nu se aplice. Ca urmare, au fost emise următoarele noi legi în perioada **1875-1881**:

a) „Legea pentru aplicarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi". Această lege a fost publicată în Monitorul Oficial nr. 47 din 28 februarie 1875, iar data stabilită ca termen pentru generalizarea aplicării Sistemului Metric „în toată întinderea României" era **1 ianuarie 1881**.

b) „Legea pentru prelungirea termenului de aplicare a Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi". Această lege a fost publicată în Monitorul Oficial nr. 38 din 14 februarie 1880.

III „Legea pentru aderarea Regatului României la Convenţia Metrului din 20 mai 1875", adoptată în **1883**

NOTE:

1 Legea a fost votată de Camera Deputaţilor la 23 februarie 1883 şi de Senat la 28 februarie 1883 şi a fost publicată în Monitorul Oficial din 10 martie 1883.

2 România a devenit cel de-al 19-lea stat membru al Convenţiei Metrului – tratat diplomatic internaţional, care a fost semnat de reprezentanţii a 17 state, la **20 mai 1875**, şi prin care s-a hotărât:

a) stabilirea misiunii comune de „asigurare a unificării internaţionale şi a perfecţionării Sistemului Metric";

b) crearea Organelor Convenţiei Metrului: Biroul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi (BIPM), Comitetul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi (CIPM) şi Conferinţa Generală de Măsuri şi Greutăţi (CGPM).

3 Două personalităţi ştiinţifice din România au fost membri ai CIPM: acad. **Ştefan C. Hepites**, în perioada 1894-1922, între 1918 şi 1922 fiind secretar al CIPM, şi prof. univ. dr. **Constantin Stătescu**, în perioada 1928-1959.

4 România a participat prin reprezentanţii săi la toate cele 21 CGPM care au avut loc, prima în **1889** şi ultima în **1999**.

5 Aderarea României la Convenţia Metrului poate fi considerată **cel de-al II-lea moment important al istoriei unităţilor de măsură metrice în România**.

IV „Legea pentru termenul de toleranţă acordat sistemului vechi de măsuri şi greutăţi şi prelungirea acelui termen până la 1 iulie 1884", adoptată la **22 martie 1884**

NOTE:
1 Legea a fost publicată în Monitorul Oficial nr. 275 din 22 martie 1884.
2 Generalizarea aplicării prevederilor acestei legi a fost realizată în a II-a jumătate a anului 1884 (în Muntenia, Oltenia şi Moldova la **1 iulie 1884**, iar în Dobrogea la **1 ianuarie 1885**).

V Înfiinţarea, la **7 octombrie 1889**, prin Decizia nr. 62732 adoptată de Ministerul Agriculturii, Comerţului, Industriei şi Domeniilor, a Serviciului Central de Măsuri şi Greutăţi (SCMG).

NOTE:
1 SCMG şi-a început activitatea în cadrul Institutului Meteorologic de la Filaret – Bucureşti, aflat în subordinea Ministerului Agriculturii, Comerţului, Industriei şi Domeniilor, care a fost înfiinţat în 1883.
2 Serviciului Central de Măsuri şi Greutăţi i-au fost subordonate, începând de la 3 decembrie 1890, toate Birourile de Măsuri şi Greutăţi din ţară, care se aflau, din punct de vedere administrativ, sub autoritatea consiliilor comunale sau rurale.
3 Până în 1952 au fost conducători ai Organului de Stat pentru metrologie: acad. Ştefan C. Hepites (în perioada 1889-1918), ing. Ion Şt. Murat (1918-1919), prof. univ. Constantin Stătescu (1919-1948) şi ing. Alexandru N. Popescu (1948-1952).

VI „Legea pentru aplicarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi" şi „Regulamentul pentru aplicarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi", adoptate în **1906**

NOTE:
1 Legea a fost votată de Senat la 15 februarie 1906 şi de Camera Deputaţilor la 21 februarie 1906, a fost promulgată prin Decretul Regal nr. 995 din 2 martie 1906 şi a fost publicată în Monitorul Oficial nr. 268 din 5 martie 1906.
2 Regulamentul a fost aprobat, mai întâi, prin Jurnalul Consiliului de Miniştri nr. 912 din 26 aprilie 1906 şi, apoi, prin Decretul Regal nr. 2399 din 8 iunie 1906. Decretul a fost publicat în Monitorul Oficial nr. 59 din 13 iunie 1906, iar Regulamentul a fost publicat în Buletinul Ministerului Agriculturii, Industriei, Comerţului şi Domeniilor, numerele 1 şi 2 din anul 1906.
3 Cele două documente legislative au înlocuit, într-o redactare nouă, Legea din 1864 şi, respectiv, Regulamentul din 1866 privind Sistemul Metric.
4 În baza noii Legi a fost înfiinţată Direcţia Serviciului de Măsuri şi Greutăţi (DSMG) şi au fost create în ţară Birouri locale de măsuri şi greutăţi (BLMG).

VII Transformarea DSMG, prin „Legea din **1 aprilie 1908** de înfiinţare a Ministerului Industriei şi Comerţului", în Serviciul de Măsuri şi Greutăţi (SMG) şi desprinderea acestuia de Institutul Meteorologic, ca unitate independentă"

NOTE:
1 Legea a fost publicată în Monitorul Oficial nr. 1 bis din 1 aprilie 1908.
2 SMG era constituit din Biroul tehnic şi de control, Biroul verificatorilor şi al aparatelor de măsurat şi Biroul administrativ şi al personalului.
3 Prin Decretul Regal nr. 9425 din **10 aprilie 1910**, publicat în Monitorul Oficial nr. 14 din 16 aprilie 1910, care sancţiona modificările aduse legii din 1906, SMG a redevenit Direcţia Serviciului de Măsuri şi Greutăţi (DSMG), sarcinile sale fiind precizate şi amplificate prin Decretul Regal nr. 1180/**1911**, care a fost publicat în Monitorul Oficial nr. 2 din 2 aprilie 1911.

VIII „Legea pentru aplicarea Sistemului Metric de măsuri şi greutăţi pe întreg Regatul României cu provinciile unite", adoptată în **1921** şi îmbunătăţită în **1922**

NOTE:
1 Legea din 1921 a fost promulgată prin Decretul Regal nr. 2057/1921 şi publicată în Monitorul Oficial nr. 38 din 21 mai 1921.
2 Legea din 1922, care a reprezentat textul complet, cu o nouă numerotare a titlurilor, capitolelor şi articolelor corespunzătoare modificărilor şi adăugirilor aduse prin legea din 1921, a fost publicată în Monitorul Oficial nr. 34 din 18 mai 1922.

3 Prin legea din 1922, DSMG a devenit Direcţia Generală a Măsurilor şi Greutăţilor (DGMG), în subordinea Ministerului Industriei şi Comerţului.
4 DGMG a primit sarcina păstrării prototipurilor etalon ale metrului şi kilogramului precum şi a etaloanelor de ordinele 1 şi 2 de exactitate.
5 BLMG-urile utilizau etaloane de lucru şi, în cazuri speciale, etaloane de ordinul 2 de exactitate.
6 Structura organizatorică a DGMG diferea, atunci, în principal, de actuala structură a Biroului Român de Metrologie Legală (BRML) prin aceea că nu desfăşura activitate de cercetare ştiinţifică ci numai activitate de metrologie legală.

IX Transformarea, în **1924**, prin Legea de organizare a Ministerului Industriei şi Comerţului, a DGMG în Direcţia Generală a Măsurilor, Greutăţilor şi Metalelor Preţioase

NOTĂ – Noua direcţie generală a trecut, în **1948**, în subordinea Ministerului Finanţelor, iar în **1949** a trecut la Comisia de Standardizare de pe lângă Consiliul de Miniştri. În **1950**, Oficiul Marcării Obiectelor din Metale Preţioase s-a desprins de DGMG şi a trecut la Banca de Stat a Republicii Populare Române.

X „Decretul Prezidiului Marii Adunări Naţionale a Republicii Populare Române, nr. 69 / **1950**", prin care a fost abrogată „Legea din 1921"

XI Înfiinţarea, în **1951**, în cadrul Comitetului de Stat pentru Tehnică de pe lângă Consiliul de Miniştri, a Institutului de Metrologie, care, în **1974**, a devenit **Institutul Naţional de Metrologie** (INM)

NOTE:
1 În cei 50 de ani de activitate, INM a reprezentat un factor activ în adoptarea şi promovarea SI precum şi în utilizarea unităţilor SI şi, de asemenea, în asigurarea uniformităţii şi exactităţii măsurărilor mărimilor fizice în România.
2 INM contribuie, prin activitate de cercetare-dezvoltare şi inovare, la asigurarea, în concordanţă cu nevoile ţării, a echivalenţei sistemului naţional de etaloane cu sistemul internaţional de etaloane.
3 Au fost directori ai INM: ing. Igor Ivanov (1951-1952), prof. univ. Gheorghe Eliade (1952-1957), ing. Alexandru N. Popescu (1957-1962), prof. univ. Victor Părăuşanu (1962-1964), ing. Cornel Buzatu (1964-1965), ing. Ion Iscrulescu (1965-1990), dr. ing. Aurel Millea (1990-1998), dr. ing. Dragoş Boiciuc (1998-1999), dr. ing. Ion Asavinei (1999-2000), ing. Dumitru Dinu (2000-2001). Începând din 1 martie 2001 este director al INM dr. ing. Dragoş Boiciuc. Au fost, de asemenea, cadre universitare, înainte de a fi directori sau/şi după aceea, Alexandru N. Popescu, Cornel Buzatu, Ion Iscrulescu şi Aurel Millea. Desfăşoară, în prezent, activitate universitară Ion Asavinei şi Dragoş Boiciuc.

XII „Decretul Prezidiului Marii Adunări Naţionale a Republicii Populare Române nr. 394 din **8 octombrie 1952** privind aplicarea generală a Sistemului Metric", prin care se interzicea utilizarea unităţilor nemetrice şi a fost reglementată ativitatea în domeniul metrologiei

NOTE:
1 Decretul a fost publicat în Buletinul Oficial nr. 4 din 13 octombrie 1952.
2 În baza acestui decret a fost înfiinţată Direcţia Generală de Metrologie (DGM), constituită din INM şi DVM (Direcţia verificări metrologice), care a înlocuit DGMG.
3 DGM, aflată în subordinea Consiliului de Miniştri, a devenit, în 1957, Direcţia Generală pentru Metrologie, Standarde şi Invenţii (DGMSI), prin transformarea sa în Oficiul de Stat pentru Metrologie (OSM), constituit din INM şi DVM, şi alăturarea la acesta a două Organe de Stat: Oficiul de Stat pentru Standarde (OSS) şi Oficiul de Stat pentru Invenţii (OSI).
4 Începând din 1968 până în 1971, OSM şi-a desfăşurat activitatea, împreună cu OSS şi ISCIR (Inspectoratul de Stat pentru Cazane sub Presiune şi Instalaţii de Ridicat), în cadrul

Direcției Generale pentru Metrologie și Standardizare (DGMS).

5 Au fost conducători ai DGM și, respectiv, ai OSM: ing. Nicolae Ilioiu (1952-1967) și ing. Nicolae Ghiță (1967-1971).

XIII „Decretul Prezidiului Marii Adunări Naționale a Republicii Populare Române nr. 21/**1954** privind aplicarea generală a Sistemului Metric"

NOTE:

1 Decretul a fost publicat în Buletinul Oficial nr. 6 din 26 ianuarie 1954.

2 Pe baza acestui decret, în vigoare până la adoptarea Legii metrologiei nr. 27 din 3 noiembrie 1978, (a se vedea pct. XVIII), au fost elaborate toate hotărârile Consiliului de Miniștri privind unitățile de măsură și utilizarea acestora.

3 Interpretarea Decretului nr. 21/1954 pentru aplicarea generală a Sistemului Metric s-a făcut prin Decretul nr. 403/1954, care a fost publicat în Buletinul Oficial nr. 44 din 8 octombrie 1954.

XIV Aderarea României, în **1956**, la Organizația Internațională de Metrologie Legală (OIML), a cărei Convenție de constituire a fost adoptată, inclusiv cu contribuția României, în **1955**

NOTE:

1 Organele OIML sunt: Biroul Internațional de Metrologie Legală (BIML), Comitetul Internațional de Metrologie Legală (CIML) și Conferința Internațională de Metrologie Legală.

2 România și-a adus contribuția la constituirea OIML prin reprezentantul său, prof. univ. Constantin Stătescu, director general al DGMG, membru al CIPM, care, în **1937**, a fost unul din cei 10 participanți din țările Convenției Metrului, care au luat parte la prima Conferință Internațională de Metrologie Aplicată (International Conference on Practical Metrology) organizată de guvernul francez, cu prilejul Expoziției Internaționale de la Paris.

3 Au fost reprezentanți în CIML din partea Organului de Stat pentru Metrologie din România: dr. ing. Traian Penescu (1965-1966), ing. Ion Iscrulescu (1967-1990), ing. Petru Gabriel Iordăchescu (1992-1995), dr. ing. Dan Grigore Stoichițoiu (1990-1992, 1995-1996, 1997-1998), ing. Ștefan Ocneanu (1996-1997, 1998-2000). În 1967 a fost membru al CIML, o perioadă de 6 luni, ing. Nicolae Ghiță. În prezent, este membru al CIML, începând din iunie 2000, prof. univ. dr. ing. Fănel Iacobescu.

XV „Hotărârea Consiliului de Miniștri al Republicii Populare Române nr. 550 din **30 august 1961** privind sistemul de unități de măsură legal și obligatoriu în Republica Populară Română" care prevedea, la primul punct (1): „Sistemul de unități de măsură legal și obligatoriu în Republica Populară Română este Sistemul Internațional de unități de măsură, cu simbolul SI"

NOTE:

1 Hotărârea a fost publicată în Colecția de hotărâri și dispoziții ale Consiliului de Miniștri al Republicii Populare Române, anul X – nr. 24 din 6 septembrie 1961.

2 Sistemul Internațional de Unități (SI), în această formă de scriere, singura corectă, a fost adoptat de cea de-a 11-a CGPM (**1960**).

3 România a fost cel de-al 7-lea stat din lume în care a fost promulgat SI.

4 Adoptarea SI prin HCM nr. 550/1961 poate fi considerată **cel de-al III-lea moment important al istoriei unităților de măsură metrice în România.**

XVI „Hotărârea Consiliului de Miniștri" nr. 626/ **1968** privind sistemul de unități de măsură legal și obligatoriu în Republica Socialistă România"

NOTE:

1 Hotărârea a fost publicată în Buletinul Oficial al Republicii Socialiste România, partea I – nr. 46 din 9 aprilie 1968.

2 În baza acestei hotărâri au fost elaborate, de către DGMSI – OSM, în același an, „Instrucțiuni privind aplicarea Sistemului Internațional de unități de măsură (SI) în Republica Socialistă România", prin care s-a stabilit ca termen limită de utilizare a unităților de măsură din afara SI data de 1 ianuarie 1976. Instrucțiunile au fost publicate în Buletinul Oficial al Republicii Socialiste

România, partea I, nr. 84 din 30 iunie 1968 şi în revista „Metrologia aplicată" nr. 7/1968.

XVII „Decretul Consiliului de Stat al Republicii Socialiste România privind înfiinţarea Inspectoratului General de Stat pentru Controlul Calităţii Produselor" (IGSCCP), în subordinea Consiliului Economic al C.C. al P.C.R., în a cărui structură organizatorică OSM, cu INM şi DVM în componenţă, a devenit, în 1971, Inspecţia pentru Controlul Activităţii de Metrologie (ICAM)

NOTE:

1 Printr-o reorganizare a IGSCCP, care a avut loc în 1973, ICAM a devenit Direcţia Generală a Metrologiei de Stat (DGMS).

2 Au fost conducători ai ICAM şi, respectiv, DGMS: ing. Nicolae Rădulescu (1971-1973) şi ing. Petrache Buzoianu (1973-1978).

XVIII „Legea metrologiei nr. 27 din **3 noiembrie 1978**" adoptată de Marea Adunare Naţională a Republicii Socialiste România, în care, la articolul 7, se prevedea: „Sistemul de unităţi de măsură legal şi obligatoriu în Republica Socialistă România are la bază nevoile şi cerinţele specifice economiei naţionale, precum şi Sistemul Internaţional de unităţi de măsură, cu simbolul SI"

NOTE:

1 Legea a fost publicată în Buletinul Oficial al Republicii Socialiste România, anul XIV, nr. 100 din 11 noiembrie 1978.

2 Prin această lege, Direcţia Generală a Metrologiei de Stat (DGMS) a devenit Inspecţia Metrologiei de Stat (IMS).

3 Au fost conducători ai IMS: ing. Petrache Buzoianu (1978-1988), ing. Petru Gabriel Iordăchescu (1988-1989) şi dr. ing. Dan Grigore Stoichiţoiu (1989-1990).

XIX „Decretul Consiliului Frontului Salvării Naţionale nr. 86 din **1 februarie 1990** privind organizarea Comisiei Naţionale pentru Standarde, Metrologie şi Calitate", în subordinea Guvernului României

NOTE:

1 Decretul a fost publicat în Monitorul Oficial al României nr. 18 din 2 februarie 1990.

2 Articolul 1 al decretului prevedea: „Se organizează Comisia Naţională pentru Standarde, Metrologie şi Calitate ca urmare a încetării activităţii Comisiei Naţionale pentru Standarde şi Calitate. Comisia Naţională pentru Standarde, Metrologie şi Calitate are în componenţa sa: Institutul român de standardizare, Institutul naţional de metrologie, Oficiul de stat pentru calitate".

3 Comisia Naţională pentru Standarde şi Calitate din care făcea parte şi organul de stat pentru metrologie a fost înfiinţată prin „Decretul nr. 27/1989 privind înfiinţarea unor organe centrale".

XX „Ordonanţa Guvernului României **nr. 18** din **21 august 1992** privind încetarea activităţii Comisiei Naţionale pentru Standarde, Metrologie şi Calitate"

NOTE:

1 Ordonanţa a fost publicată în Monitorul Oficial al României, partea I, anul IV- nr. 212 din 28 august 1992.

2 Prin această ordonanţă a fost înfiinţat Biroul Român de Metrologie Legală (BRML), ca organ de specialitate al administraţiei publice centrale. De la acea dată, INM a trecut în subordinea BRML.

3 Au fost conducători ai BRML: ing. Petru Gabriel Iordăchescu (1988-1989, 1992-1995), dr. ing. Dan Grigore Stoichiţoiu (1995-1996, 1997-1998) şi ing. Ştefan Ocneanu (1996-1997,1998-2000). Începând din 19 iunie 2000, este director general al BRML prof. univ. dr. ing. Fănel Iacobescu.

XXI „Ordonanţa Guvernului României **nr. 20** din **21 august 1992** privind activitatea de metrologie", aprobată şi modificată prin „Legea Nr. 11 din **7 martie 1994**", adoptată de Parlamentul României, în care, la Capitolul II „Unităţi de măsură", articolul 6, se prevede: „În România se utilizează unităţile de măsură aparţinând Sistemului Internaţional de Unităţi, simbolizat SI, adoptat de Conferinţa Generală de Măsuri şi Greutăţi şi recomandat de Organizaţia Internaţională de Metrologie Legală".

NOTE:
1 Ordonanţa a fost publicată în Monitorul Oficial al României, partea I, anul IV- nr. 212 din 28 august 1992 şi în Buletinul de Metrologie Legală, vol. I, nr. 1/1996, pp 4-7.
2 Anexa nr. 1 – pct. 2.1 a acestei ordonanţe a fost modificată prin „Ordonanţa Guvernului României nr. 104 din **30 august 1999**", (a se vedea pct. XXV), şi completată prin „Hotărârea Guvernului României nr. 854 din **30 august 2001**", în care, la articolul 1, se fac unele precizări privind unităţile de măsură legale, (a se vedea pct. XXIX).

XXII „Hotărârea Guvernului României nr. 225 din **10 aprilie 1995** privind organizarea şi funcţionarea Biroului Român de Metrologie Legală", în subordinea Guvernului

NOTE:
1 Hotărârea a fost publicată în Monitorul Oficial al României, partea I, nr. 72 din 20 aprilie 1995.
2 Această hotărâre stabilea că INM funcţionează în subordinea BRML ca unitate cu personalitate juridică, cu venituri proprii.

XXIII BRML devine, în **1996**, Membru Asociat al WELMEC (European Cooperation in Legal Metrology/Cooperare Europeană în Metrologia Legală)

XXIV „Ordonanţa de urgenţă a Guvernului României nr. 18 din **17 martie 1999**, privind trecerea Biroului Român de Metrologie Legală din subordinea Guvernului în subordinea Ministerului Industriei şi Comerţului"

NOTE:
1 . Ordonanţa a fost publicată în Monitorul Oficial al României, partea I, anul XI, nr. 116 din 22 martie 1999.
2 La articolul I (2) al acestei ordonanţe se prevedea că „Institutul Naţional de Metrologie funcţionează în subordinea Biroului Român de Metrologie Legală".

XXV „Ordonanţa Guvernului României nr. 104 din **30 august 1999** pentru modificarea şi completarea prevederilor Ordonanţei Guvernului nr. 20/1992 privind activitatea de metrologie"

NOTE:
1 Ordonanţa a fost publicată în Monitorul Oficial al României, partea I, anul XI – nr. 426 din 31 august 1999.
2 Prin această ordonanţă s-a hotărât ca în anexa nr. 1 a Ordonanţei Guvernului României nr. 20/1992, la pct. 2.1 „Unităţi de măsură care nu fac parte din Sistemul Internaţional de Unităţi (SI)", să fie incluse, la pct. 2.1.3 „Unităţi menţinute temporar împreună cu Sistemul Internaţional de Unităţi", unităţile: milă marină, nod, picior şi torr (simbol Torr, nu mm Hg cum este în ordonanţă) .

XXVI „Hotărârea Guvernului României nr. 853 din **18 octombrie 1999** privind organizarea şi funcţionarea Biroului Român de Metrologie Legală"

NOTE:
1 Hotărârea a fost publicată în Monitorul Oficial al României, partea I, anul XI – nr. 516 din 25 octombrie 1999.
2 La articolul 2-(2) al acestei hotărâri se precizează: „În subordinea Biroului Român de Metrologie Legală funcţionează Institutul Naţional de Metrologie, ca institut de cercetare-dezvoltare în domeniul metrologiei, unitate fără personalitate juridică".

XXVII „Hotărârea Guvernului României nr. 19 din **4 ianuarie 2001** privind organizarea şi funcţionarea Ministerului Industriei şi Resurselor", în conformitate cu care BRML funcţionează în subordinea şi în coordonarea acestui minister

NOTĂ – Hotărârea a fost publicată în Monitorul Oficial al României, partea I, anul XII – nr. 17 din 10 ianuarie 2001.

XXVIII INM devine, la **21 ianuarie 2001**, membru corespondent al EUROMET (European Cooperation in Measurement Standards/Cooperare Europeană în domeniul etaloanelor), care are ca obiectiv promovarea şi coordonarea activităţilor şi serviciilor de metrologie în

scopul obţinerii unei înalte eficienţe ştiinţifice în realizarea acestora

XXIX „Hotărârea Guvernului României nr. 854 din **30 august 2001** pentru aprobarea Instrucţiunilor de metrologie legală I.M.L. 9-01 *Unităţi de măsură*"

NOTE:

1 Hotărârea aceasta a fost publicată în Monitorul Oficial al României, partea I, anul XIII, nr. 616 din 1 octombrie 2001.

2 Prevederile acestei hotărâri intră în vigoare la 1 octombrie 2002, dată până la care I.M.L. 9-01 vor fi armonizate integral cu Directiva Consiliului Uniunii Europene nr. 80/181/EEC „Unităţi de măsură".

XXX „Hotărârea Guvernului României nr. 879 din **6 septembrie 2001** privind declararea celei de-a doua duminici din luna septembrie ***Ziua metrologiei***"

NOTE:

1 Hotărârea a fost publicată în Monitorul Oficial al României, partea I, anul XIII, nr. 573 din 13 septembrie 2001 şi este prezentată în acest număr al revistei „Metrologie".

2 În conformitate cu art. 2 al acestei hotărâri, „Ministerul Industriei şi Resurselor şi Biroul Român de Metrologie Legală vor acorda sprijin de specialitate în organizarea şi perfecţionarea manifestărilor ştiinţifice şi culturale cu tematică specifică, ocazionate de celebrarea anuală a *Zilei metrologiei*".

3 BRML, instituţie publică cu personalitate juridică, în subordinea MIR, finanţată integral din venituri extrabugetare, îndeplineşte, prin departamente centrale şi unităţi teritoriale, următoarele atribuţii principale, extrase din Pliantul „Biroul Român de Metrologie Legală – **2001**":

- Elaborează, coordonează, supraveghează şi controlează aplicarea reglementărilor în domeniul metrologiei;
- Organizează şi coordonează activitatea de cercetare-dezvoltare în domeniul metrologiei pentru asigurarea echivalenţei sistemului naţional de etaloane primare, secundare şi de referinţă cu sistemul internaţional de etaloane
- Coordonează şi supraveghează activitatea de reproducere, conservare şi diseminare a unităţilor de măsură;
- Reglementează, supraveghează şi controlează fabricarea, construirea, importul, repararea, modificarea, închirierea, vânzarea, instalarea, punerea în funcţiune, etalonarea, verificarea, legalizarea şi utilizarea mijloacelor de măsurare folosite în domenii de interes public;
- Reglementează şi asigură diseminarea unităţilor de măsură la mijloacele de măsurare care nu sunt folosite în domenii supuse controlului metrologic al statului;
- Exercită controlul metrologic al statului asupra măsurărilor şi mijloacelor de măsurare;
- Evaluează şi atestă laboratoare de metrologie pentru mijloace de măsurare nesupuse controlului metrologic al statului;
- Stabileşte reţeaua naţională de laboratoare pentru încercarea mijloacelor de măsurare;
- Acordă şi retrage autorizaţii şi avizări pentru exercitarea activităţilor prevăzute de lege în legătură cu mijloacele de măsurare şi cu măsurările din domeniile supuse controlului metrologic al statului;
- Acordă şi retrage aprobări de model pentru mijloacele de măsurare prevăzute de lege, fabricate şi importate;
- Efectuează verificări, etalonări şi încercări ale mijloacelor de măsurare;
- Interzice utilizarea, sigilează sau, după caz, confiscă mijloacele de măsurare nelegale şi sesizează organele de urmărire penală în cazurile de încălcare a legii penale;
- Aplică sancţiunile prevăzute de legislaţia din domeniul metrologiei;
- Sprijină învăţământul în domeniul metrologiei şi organizează forme de perfecţionare profesională specifice;
- Derulează programe de asistenţă în domeniul metrologiei;
- Reprezintă România în organizaţiile internaţionale şi regionale de metrologie (BIPM, OIML, WELMEC, EUROMET, COOMET).

4 Între manifestările prilejuite de sărbătorirea, pentru prima dată, a *„Zilei metrologiei"* se înscrie celebrarea în zilele de 18-20 septembrie 2001 a celei de-a 50-a aniversări a Institutului

Național de Metrologie printr-o „Conferință Internațională de Metrologie". Au participat personalități de seamă din lumea metrologiei, care au prezentat rezultate remarcabile ale activității desfășurate pentru asigurarea uniformității mondiale a unităților de măsură și a trasabilității la SI a rezultatelor măsurărilor mărimilor fizice.

5 INM, institut de cercetare-dezvoltare, etaloane naționale, în subordinea BRML, are ca misiune principală asigurarea bazei științifice a uniformității și exactității măsurărilor în România, care se realizează, așa cum se specifică în Pliantul „Institutul Național de Metrologie **1951-2001**", prin:

- Menținerea și dezvoltarea Sistemului de etaloane naționale ale României;
- Corelarea etaloanelor naționale cu etaloanele internaționale și cu etaloanele naționale ale altor țări;
- Diseminarea unităților de măsură de la etaloanele naționale la etaloanele secundare;
- Cercetare științifică, dezvoltare și inovare în domeniul metrologiei;
- Etalonări, verificări metrologice și încercări de tip ale mijloacelor de măsurare, măsurări și determinări de înaltă exactitate, preparare și certificare a materialelor de referință, consultanță în probleme de teoria și tehnica măsurărilor;
- Elaborare de proiecte ale standardelor din domeniul metrologiei, normelor tehnice de metrologie, procedurilor utilizate la etalonări, verificări și încercări de mijloace de măsurare;
- Asistență tehnică în domeniul metrologiei, participare la evaluarea/auditarea laboratoarelor acreditate;
- Pregătire profesională în domeniul metrologiei, organizare de cursuri, strategii de perfecționare și aplicații practice pentru personalul din laboratoarele de metrologie;
- Editare de lucrări de specialitate: cărți, broșuri, revista „Metrologie";
- Colaborare cu alte instituții din țară și participare la activitatea organizațiilor internaționale și regionale de cooperare în domeniul metrologiei.

Data: 2001-09-27

BIBLIOGRAFIE

[1] *N. Ilioiu*, 100 de ani de la introducerea Sistemului Metric în România, Metrologia aplicată, vol. 13 (1966), nr. 8-9, pp 341-358

[2] *N. Ilioiu* și *Gh. Ivanovici*, Istoria metrologiei în România (până în 1944), Manuscris, 1980, p 431

[3] *Petru Gabriel Iordăchescu*, 130 de ani de metrologie legală în România, Metrologie, vol. XLI (serie nouă), nr. 2/1994, pp 34-37

[4] *Gheorghe P. Ispășoiu*, Sistemul Metric-un prim pas în unificarea mondială a unităților de măsură, Metrologie, vol. XLVIII (serie nouă),nr. 3-4/2001, pp 67-75

[5] *Fănel Iacobescu*, Sistemul Internațional de Unități (SI) – referențial mondial în măsurările mărimilor fizice, Metrologie, vol. XLVIII (serie nouă), nr. 3-4/2001, pp 77-88

Redactori responsabili:

Gheorghe P. Ispășoiu, INM
George -Victor Ionescu, INM

CONFERINȚĂ INTERNAȚIONALĂ DE METROLOGIE LA BUCUREȘTI

În zilele de 18-20 septembrie 2001 a avut loc, la Sala Palatului din București, Conferința Internațională de Metrologie, organizată cu prilejul aniversării a 50 de ani de la înființarea Institutului Național de Metrologie. Conferința a fost organizată de Ministerul Industriei și Resurselor, Ministerul Educației și Cercetării, Biroul Român de Metrologie Legală, Institutul Național de Metrologie și Societatea Română de Măsurări, printre sponsorii Conferinței numărându-se peste 40 de societăți comerciale producătoare de mijloace de măsurare, prestatoare de servicii sau beneficiare ale infrastructurii metrologice din România. Conferința a fost sprijinită, de asemenea, de Ministerul Educației și Cercetării, iar sesiunea de **Metrologie în Chimie** a fost organizată împreună cu și sponsorizată de IRMM (Institutul de Materiale de Referință și Măsurări) al Comunității Europene, cu sediul în Belgia.

Institutul Național de Metrologie a organizat, cu diferite ocazii, manifestări științifice cu caracter național, unele din ele beneficiind și de participare internațională. A devenit tradițională seria de Simpozioane Naționale de Metrologie, începută în 1981, continuată apoi cu edițiile din 1984, 1987, 1991, 1994 și 1997. În anul 2000, când urma să aibă loc al 7-lea asemenea simpozion, s-a sugerat înlocuirea lui cu o conferință mai amplă, prilejuită de a 50-a aniversare a înființării Institutului Național de Metrologie. În felul acesta a luat naștere Conferința Internațională de Metrologie, prima de acest fel din istoria metrologiei românești, concepută în spiritul seriei de Simpozioane Naționale de Metrologie, dar depășindu-le pe acestea ca amploare și grad de participare, inclusiv a autorilor de peste hotare.

Conferința a cuprins o sesiune plenară și apoi sesiuni paralele cu tematici specifice, precum și discuții la masă rotundă, timp de trei zile. Concomitent a fost organizată o expoziție de aparate de măsurat, la care au participat mai multe firme din țară și din străinătate.

La Conferința Internațională de Metrologie de la București au participat personalități cunoscute în domeniul metrologiei de la organizații și instituții internaționale, regionale și naționale, cum sunt BIPM (Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți, Sèvres, Franța), EUROMET (Organizația Europeană de Colaborare în Metrologie), BNM (Bureau National de Métrologie, Franța), PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germania), NMI (Netherlands Measurements Institute, Olanda), DFM (Danish Institute of Fundamental Metrology, Danemarca) și alte instituții naționale de metrologie din țări europene, universități și firme diverse din țară și din străinătate. Cele 154 referate și comunicări ale Conferinței – care au fost tipărite în trei volume puse la dispoziția participanților – au tratat subiecte actuale, din domenii ca: prezentul și viitorul metrologiei, tendințe în infrastructura metrologică și în metrologia legală, etaloane și realizări ale unităților de măsură, noi dezvoltări ale aparaturii de măsurare, teoria și învățământul măsurării, instrumentație virtuală, automatizarea măsurărilor și a testărilor, metrologia în chimie, metrologia radiațiilor ionizante etc. Trei mese rotunde în cadrul Conferinței au fost axate pe utilizarea software-ului în etalonarea aparatelor, controlul metrologic al produselor preambalate și, respectiv, etaloane în domeniul mărimilor optice.

Organizatorii au decis publicarea în întregime, încă înainte de desfășurarea Conferinței, a lucrărilor trimise de autori. În acest mod participanții au primit un sprijin important, ținând seama și de faptul că unele sesiuni s-au derulat în paralel, iar prezentările au fost făcute doar într-una din limbile de lucru ale Conferinței, engleza sau româna.

Volumele tipărite conțin, în peste 900 de pagini, lucrările – prezentate oral sau ca poster (afiș) – grupate în două părți. Partea I, cuprinsă în primele două volume, conține lucrările redactate de autori în limba engleză, iar în partea a II-a, adică volumul al treilea, au fost incluse lucrările redactate în limba română. Structura fiecăreia din cele două părți urmează tematica generală a Conferinței, cu cele 11 sesiuni de specialitate (plus Sesiunea Plenară):

Sesiunea Plenară

Sesiunea 1	Teoria măsurării
Sesiunea 2	Etaloane și realizarea unităților de măsură
Sesiunea 3	Principii și metode de măsurare
Sesiunea 4	Noi dezvoltări în domeniul aparatelor de măsurat
Sesiunea 5	Metrologia în chimie
Sesiunea 6	Metrologia radiațiilor ionizante

Sesiunea 7	Automatizarea proceselor de măsurare şi testare
Sesiunea 8	Instrumentaţie virtuală şi sisteme de măsurare
Sesiunea 9	Noi abordări în metrologia legală
Sesiunea 10	MRA (Aranjamentul de Recunoaştere Reciprocă) şi viitorul metrologiei
Sesiunea 11	Metrologia ca serviciu către industrie, etalonare, acreditare

O asemenea împărţire a lucrărilor, evitând în mare măsură clasificarea tradiţională după natura fizică a mărimilor implicate (măsurări dimensionale, mecanice, electrice, termice etc.) are avantajul că foloseşte criterii generale, interdisciplinare, respectând tendinţa modernă de tratare omogenă a informaţiilor de măsurare, independent de natura mărimii primare măsurate.

Lucrările primite spre prezentare şi publicare au fost supuse selecţiei de către Consiliul Ştiinţific al Institutului Naţional de Metrologie.

Conferinţa a început cu o scurtă ceremonie de deschidere, în care au luat cuvântul prof. dr. ing. Fănel Iacobescu, directorul general al BRML, ing. Nicolae Ilioiu, fost director general al Primei Direcţii Generale de Metrologie, precum şi reprezentanţii Ministerului Industriei şi Resurselor şi al RENAR. Au fost citite, de asemenea, mesajele unor personalităţi care nu au putut fi prezente la lucrările Conferinţei, printre care şi al doamnei Katharine Gebbie, directorul Laboratorului de Fizică al NIST din SUA, care avea deja procurate biletele de avion pentru Bucureşti. A urmat apoi **sesiunea plenară**, cu următoarele lucrări:

- *F. Jäger, M. Kochsiek* (PTB, Germania): Noi provocări pentru metrologie la începutul secolului al 21-lea
- *R. Kaarls* (NMi VSL, Olanda; CCQM-CIPM): Societatea şi metrologia. Nevoi, cerinţe, dezvoltări şi acorduri
- *W. Schwitz* (METAS, Elveţia; EUROMET): EUROMET, obiective, organizare şi acordul global de recunoaştere reciprocă
- *P. De Bièvre, N. Majcen* (EC – JRC, IRMM, Belgia): Metrologia în chimie: de ce? ce? cum?
- *D. Dinu* (BRML, România): Tendinţe în metrologia legală din România
- *K. Carneiro* (DFM, Danemarca): Inovarea industrială şi metrologia – şapte studii de caz
- *Irène Schürmann* (METAS, Elveţia): Metrologia legală în Elveţia, în lumina tratatelor bilaterale cu Uniunea Europeană
- *L. Érard* (BNM, Franţa): Biroul Naţional de Metrologie. Noua organizare
- *L. Andersson* (Fluke Europe B.V., Suedia): Automatizarea laboratorului. Utilizarea de software în metrologie – mai importantă ca oricând

Dintre cele 11 sesiuni paralele ale Conferinţei, este de relevat, în primul rând, **sesiunea consacrată „Metrologiei în Chimie"**, care s-a bucurat de prezenţa activă a mai multor specialişti de renume din străinătate. Dintre lucrările prezentate pot fi menţionate:

- *R. Kaarls* (NMi VSL, Olanda, CCQM): Metrologia în chimie, stabilirea unei trasabilităţi pe plan mondial. Politici şi progrese ale Comitetului Consultativ pentru Cantitate de Substanţă
- *R. I. Wielgosz,* (BIPM, Franţa): Un program internaţional pentru metrologia în chimie
- *P. Taylor, N. Majcen, J. Norgaard, I. Papadakis, P. De Bièvre* (IRMM, Belgia, MIRS, Slovenia): Utilizarea unui proiect EC-JRC-IRMM pentru sprijinirea ţărilor Candidate în vederea îmbunătăţirii infrastructurii Metrologiei în Chimie
- *Ed de Leer* (NMi VSL, Olanda): Metrologia gazelor la NMi
- *P. König-Georgescu, N. Ioniţă, S. Anghel, M. Anghel:* (INM, România): Contribuţii ale Institutului Naţional de Metrologie din România la asigurarea trasabilităţii măsurărilor gaz-analitice
- *Ed de Leer* (NMi VSL, Olanda): Activităţi europene ale EURACHEM
- *M. Buzoianu* (INM, România): Statutul prezent şi viitorul EURACHEM-România
- *S. Duţă* (INM, România): Consideraţii cu privire la Programul Internaţional de Evaluare a Măsurărilor în România

Urmează o sumară selecţie a câtorva lucrări din celelalte sesiuni ale conferinţei.

Sesiunea „Etaloane şi realizarea unităţilor de măsură":

- *J. Bastie, J.-M. Coutin* (INM-CNAM, Franţa): Realizarea unităţii de intensitate luminoasă la Institutul Naţional de Metrologie din Franţa
- *I. M. Popescu* (UP Bucureşti), E. Dugheanu, D. Boiciuc (INM, România): Evaluarea incertitudinii de măsurare la etalonarea calelor plan-paralele de ordinul întâi

- *Gh. Popescu* (IFIN-HH, România): Laseri He-Ne/ iod stabilizaţi în frecvenţă de la IFIN-HH în comparaţii internaţionale
- *M. Simionescu, A. Seucan* (INM, România): Realizarea conform definiţiei a scării de intensitate luminoasă
- *S. Gaiţă, C. Iliescu* (INM, România): O nouă funcţie de modelare pentru etalonarea termometrelor cu rezistenţă la punctele fixe ale SIT-90

Sesiunea „Metrologia ca serviciu către industrie, etalonare, acreditare":

- *L. Andersson* (Suedia): Tonuri multiple în etalonarea wattmetrelor
- *I. Leancă* (BJML Bacău): Metrologie şi internet

Sesiunea „Principii şi metode de măsurare":

- *W. Czepluch, W. Daum, B. Günther* (Germania): Măsurări automate pe termen lung de transmisiune prin fibre optice plastice
- *Gh. P. Ispăşoiu, V. M. Feru, R.G. Ispăşoiu* (INM, România): Metodă spectroradiometrică absolută pentru măsurarea iradianţei spectrale
- *A. Ignea (UT Timişoara), A. Marinescu, G. Mihai, P. Nicoleanu* (ICMET Craiova): Controlul neetanşeităţii electromagnetice a incintelor ecranate

Sesiunea „Noi dezvoltări în domeniul aparatelor de măsurat":

- *G. Cloitre, S. Torbaty, M.G. Stetiu* (Franţa): Contribuţii la cunoaşterea parametrilor care influenţează performanţele maşinilor 3D
- *N. Moisoi, M. Bryant, S. Page, S. Corrie* (Marea Britanie): Noul manometru cu piston şi greutăţi diferenţial „Pressurements" 24XX
- *A. Marinescu* (ICMET Craiova): Compatibilitatea electromagnetică şi rolul său în tehnica măsurării
- *M. Antoniu, C. Zet, E. Antoniu, L. Matei, D. Munteanu* (UT Iaşi): Voltmetru electrostaic digital cu ieşire prin fibră optică
- *W. Szabo, Gh. Morariu, A. Mailat, L. Rab* (Univ. Braşov): Sistem de măsurare a temperaturii în interiorul reactoarelor de polimerizare

Data: 2001-10-16

- *Al. Rusu* (IFIN-HH, România): Indicator al nivelului sticlei topite

Sesiunea „Teoria măsurării, educaţie":

- *C. Vlaicu, M. Albu, S. Grigorescu, C. D. Oancea, F. Mihai* (UP Bucureşti): Facilităţi multimedia utilizate într-un laborator universitar asistat de calculator
- *A. Szakáts, A. Millea:* O nouă abordare pentru îmbunătăţirea estimării valorilor constantelor fizice fundamentale

Sesiunea „Metrologia radiaţiilor ionizante":

- *H. Klein* (Germania): Dozimetria neutronilor în scop de protecţie – o provocare pentru metrologia neutronilor
- *E.L. Grigorescu, M. Sahagia, A. Razdolescu, A. Luca, D. Stanga, C. Ivan* (IFIN-HH, România): Etaloane de activitate produse în IFIN-HH, Trasabilitate şi aplicaţii

Sesiunea „Instrumentaţie virtuală şi sisteme de măsurare":

- *N. Dragomir, T.E. Crişan* (UT Cluj): Sistem virtual pentru optimizarea caracteristicilor traductoarelor de măsurare
- *D. Belega* (UT Timişoara): Alegerea optimală a ferestrei DFT pentru testarea în domeniul frecvenţei a convertoarelor analog-digitale

Sesiunea „Noi abordări în metrologia legală":

- *I.F. Creţu* (INM, România): Aspecte practice ale trasabilităţii sistemelor de măsurare a cantităţilor mari de fluide
- *P. Dârvariu* (BRML, România): Metrologia legală în faţa obiectivului aderării la UE
- *C. Cojocaru, D. Langa* (Sartorom, România): Sistemele de control al preambalatelor Sartorius „SartoPac"

În cadrul Conferinţei au fost incluse şi câteva programe sociale: o masă comună oferită de organizatori, participare la un concert al festivalului „George Enescu" şi o excursie de o zi la Sinaia şi Bran.

Aurel Millea, INM
Preşedinte al Comitetului de Organizare a Conferinţei

NOTE

1 *Instruire pe o temă de Metrologie în Chimie*

În zilele de *11-13 octombrie 2001*, Institutul de Materiale de Referinţă şi Măsurări (IRMM) din cadrul Comisiei Europene – Belgia a organizat, la Maribor – Slovenia, în cooperare cu Ministerul Educaţiei, Ştiinţei şi Sportului şi cu Institutul de Metrologie (MIRS) din Slovenia, o instruire pe tema Metrologiei în Chimie (TrainMiC – Training in Metrology in Chemistry).

La această acţiune au fost invitaţi 1-2 participanţi din ţările pre-accesoare integrării în Uniunea Europeană şi anume: Bulgaria, Cypru, Cehia, Estonia, Lituania, Malta, Polonia, România, Slovacia, Slovenia, Turcia şi Ungaria.

Din partea Institutului Naţional de Metrologie – Bucureşti a participat dr. ing. Steluţa Duţă din cadrul colectivului Materiale de Referinţă şi Spectrofotometrie Analitică.

Prima parte a instruirii a constat din prezentarea de către specialiştii IRMM a următoarelor lucrări cu caracter general:

– *Introducere generală privind Metrologia în Chimie* – Paul de Bièvre (IRMM)

– *Trasabilitatea rezultatelor analitice* – Irena Grabec-Nineta Majcen (MIRS)

– *Incertitudinea de măsurare* – Rüdiger Kessel (IRMM)

– *Rolul şi categorii de Materiale de Referinţă Certificate* – Ales Fajgelj (IAEA)

– *Rolul comparărilor interlaboratoare* – Ioannis Papadakis (IRMM)

– *Interacţiunea dintre metrologia în chimie şi acreditare* – Marleen Van Bocxstaele (Accred. Slovenia)

Partea a doua a acţiunii a avut caracter aplicativ; participanţii la această instruire au lucrat în două grupe de lucru, şi anume:

1. *Evaluarea incertitudinii de măsurare în analizele chimice*

Specialiştii IRMM, reprezentaţi prin Rüdiger Kessel, au prezentat un program software pentru evaluarea incertitudinii de măsurare pe baza căruia au fost efectuate aplicaţii practice la sediul Facultăţii de Chimie din cadrul Universităţii din Maribor (prof. Darinka Brodnjak).

2. *Directive şi reglementări Europene: 98/83/EC şi 90/2676/EEC*

Philip Taylor din partea IRMM a prezentat conţinutul acestor documente după care împreună cu participanţii au fost dezbătute aspecte privind modul de aplicare a metodelor analitice cuprinse în aceste documente şi de prezentare şi interpretare a rezultatelor.

Lucrarea de sinteză *Combinarea diferitelor componente ale Metrologiei în Chimie* prezentată de Philip Taylor a evidenţiat modalităţi prin care activităţile de metrologie, acreditare şi educaţie pot contribui la obţinerea unor rezultate analitice de calitate.

În finalul workshop-ului participanţii au susţinut un test-chestionar care a conţinut întrebări privind puncte de vedere referitoare la eficienţa acţiunii precum şi sugestii pentru noi problematici, modalităţi de abordare şi acţiuni viitoare pe tematica îmbunătăţirii şi implementării metrologiei în chimie.

Acţiunea s-a încheiat cu acordarea unui Certificat de Absolvire de către Centrul Reunit de Cercetare din cadrul Comisiei Europene tuturor participanţilor la workshop.

2 *Conferinţa internaţională a Asociaţiei de mediu din Balcani*

În zilele de *18-21 octombrie 2001,* Asociaţia de Mediu din Balcani (B.EN.A) a organizat a patra Conferinţă a acestei asociaţii *Transbourdary Pollution* la Edirne, în Turcia, cu sprijinul Universităţii din Turcia, Filiala TÜBITAK-BENA. Lucrările conferinţei au reunit peste 200 de participanţi din Albania, Bulgaria, Grecia, Macedonia, România, Rusia, Serbia, Turcia şi Yugoslavia.

În cadrul celor 12 sesiuni orale, care s-au desfăşurat pe durata a trei zile, s-au prezentat peste 60 de lucrări, iar în cele 2 sesiuni de postere, desfăşurate pe durata a două zile, s-au prezentat peste 240 de lucrări.

Tematica lucrărilor s-a referit la calitatea aerului, apei şi solului, poluarea agro-chimică, educaţie şi riscuri de mediu, managementul apelor reziduale, metodologii de testare a mediului, efectele poluării asupra florei şi faunei, radioactivitate, legislaţia de mediu. Rezumatele lucrărilor prezentate au fost publicate în volumul editat de Universitatea din Turcia.

La această manifestare ştiinţifică a participat din partea Institutului Naţional de Metrologie Bucureşti dr. ing. Steluţa DUŢĂ care a prezentat oral lucrarea *Metrological control of water measurements performed in Romania.*

3 *Al 10-lea Congres Internațional de Metrologie din Franța*

Congresul Internațional de Metrologie este organizat, la fiecare doi ani, de *Collège de Métrologie du Mouvement Français pour la Qualité*, cu participarea *Bureau National de Métrologie (BNM)*. În anul 2001, manifestația a avut loc la Saint Louis în zilele de 22 – 25 octombrie și a beneficiat de participarea științifică a *National Physical Laboratory (NPL)*.

Obiectivul Congresului a fost de a face cunoscute tehnici de etalonare sau de măsurare originale și de a prezenta, totodată, evoluția metrologiei și implicarea sa în industrie, cercetare, economie și calitate, la nivel național și internațional.

La Congres, în anul 2001, au fost prezentate 170 de lucrări (selectate din 240) din 36 de țări. Lucrările au fost prezentate în:

- Sesiuni orale tradiționale;
- Mese rotunde;
- Sesiuni postere;
- Sesiune plenară EUROMET.

De la Institutul Național de Metrologie – București au fost incluse în programul Congresului lucrările:

1. Combined standard uncertainities and covariances in analytical measurements – M. Buzoianu
2. Measurement uncertainty in the optical polygons calibration – A. Duță
3. Uncertainites associated with spectrochemical results – S. Duță
4. Sensitivity analysis of combined standard uncertainties evaluated in SPRT's calibration according to the ITS-90 – S. Gaiță

Au participat la lucrările congresului ing. Alexandru DUȚĂ și ing. fiz. Sonia GAIȚĂ.

Alexandru Duță, INM
Steluța Duță, INM

4 *Reuniunea Grupului Tehnic Consultativ pentru probleme de metrologie, ISO/TAG 4, Metrologie din cadrul Organizației Internaționale de Standardizare (ISO)*

În zilele de 3 și 4 decembrie 2001 a avut loc la sediul secretariatului ISO din Geneva, Elveția, prima ședința a Grupului Tehnic Consultativ pentru probleme de metrologie (Technical Advisory Group on Metrology) din cadrul ISO, ISO/TAG 4, Metrologie.

Grupul ISO/TAG 4 reprezintă cel de-a treilea Grup Tehnic Consultativ al Organizației Internaționale de Standardizare (ISO), înființat prin rezoluția 14/2001 a Consiliului Tehnic de Conducere (Technical Management Board, TMB) al ISO.

La prima întâlnire a Grupului ISO/TAG 4 au participat experți din:

– Belgia, Prof. Dr. Paul de Biévre, consilier pe probleme de Metrologie în chimie al Directorului Institutului de Materiale de Referință și Măsurări al Centrului Reunit de Cercetare a Comunității Europene;

– Danemarca, Dr. Rene Dybkaer, director al Departamentului de Standardizare în Laboratoare de Medicină, din cadrul H:S Copenhagen Hospital Corporation;

– Germania, Ing. Burghart Brinkmann, expert principal în Comitetul de Standarde pentru Concepte de Bază în Tehnologie din Cadrul Institutului German de Standardizare, DIN;

– Germania, Dr. Reinhold Beier, director în Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen;

– Japonia, Dr. Kensei Ehara, șeful secției „Măsurări de particule și statistică în metrologie" din cadrul Institutului Național de Metrologie din Japonia;

– Marea Britanie, Jane Sattary, director de sector în cadrul Centrului de Debite al Institutului Național de Inginerie (National Engineering Laboratory, NEL);

– Olanda, Dr. Ed de Leer, Director al Departamentului de Chimie din Institutul Național de Metrologie din Olanda;

– Republica Corea, Dr. Woo Gab Lee, șef al laboratorului de mase și densități din cadrul Institutului de Standarde și Știință din Republica Corea;

– *România*, Dr. ing. Mirella Buzoianu, cercetător științific principal II în Biroul Român de Metrologie Legală (BRML) – Institutul Național de Metrologie (INM);

– Suedia, Prof. Anders J Thor, Director al Proiectului „Principii generale și tehnologii interdisciplinare pentru combustibili și sisteme energetice", președinte al Comitetului Tehnic ISO TC 12 „Mărimi și unități de măsură";

– Statele Unite ale Americii, Charles David Ehrlich, șef al Programului de Activități Tehnice de Standardizare din cadrul Institutului Național de Etaloane și Tehnologie – NIST ;

– Organizația Internațională de Standardizare, Alain Samne, Director al Programelor Tehnice, Departamentul de Standarde.

Lucrările ședinței au fost conduse de dl. Charles David Ehrlich, reprezentând ANSI (Institutul American de Standarde Naționale) – NIST și de d-na Jane Sattary, reprezentanr al BSI – NEL.

Agenda de lucru a inclus:

- Prezentarea reprezentanților nominalizați participanți la prima reuniune a ISO/TAG 4;
- Adoptarea programului reuniunii;

- Raportul secretariatului cu privire la stadiul actual de organizare a grupului ISO/TAG 4;
- Trecerea în revistă a obiectivelor reuniunii şi desemnarea reprezentanţilor ISO/TAG 4 în Grupele de Lucru din cadrul JCGM (Grupul Consultativ Reunit pentru Ghiduri) din cadrul Biroului Internaţional de Măsuri şi Greutăţi, BIPM;
- Stabilirea datei şi locului de desfăşurare a lucrărilor următoarei reuniuni;
- Aprobarea rezoluţiilor întâlnirii.

Documentele de cel mai mare interes care au fost discutate şi adoptate la această reuniune sunt cele referitoare la:

- Necesitatea constituirii ISO/TAG 4;
- Trecerea în revistă a stadiului activităţii Comitetelor Tehnice Reunite (JCGM) pentru Vocabularul Internaţional de Termeni Fundamentali şi Generali în Metrologie (VIM) şi, respectiv, pentru Ghidul ISO „Evaluarea şi exprimarea incertitudinii de măsurare (ISO-GUM)";
- Stabilirea regulilor de bază pentru funcţionarea Grupului Consultativ Tehnic precum şi pentru reuniunile viitoare;
- Scopul şi obiectivele ISO/TAG 4.

Scopul ISO/TAG 4, identificat şi aprobat în Documentul N002rev este: Coordonarea problemelor de metrologie în cadrul ISO şi, respectiv, acordarea de consultanţă de specialitate Consiliului Tehnic de Conducere (TMB) al ISO referitor la probleme de metrologie.

Obiectivele principale pe care ISO/TAG 4 le-a discutat, aprobat şi propus spre a fi înaintate pentru aprobarea Consiliului Tehnic de Conducere (TMB) al Organizaţiei Internaţionale de Standardizare (ISO) au fost:

1. Să identifice acele Grupe Tehnice Consultative (TAG), Comitete Tehnice (TC) şi Sub-comitetele lor Tehnice (SC) precum şi alte organe ISO cu preocupări în domeniul metrologiei şi/sau în domenii conexe;
2. Să promoveze coordonarea şi mai buna comunicare între Grupele Tehnice Consultative (TAG), Comitetele Tehnice (TC) şi Sub-comitetele lor Tehnice (SC) şi cu alte organe ISO care sunt implicate în probleme de metrologie;
3. Să stabilească legătura dintre ISO şi Comitetului Reunit pentru Ghiduri în Metrologie (JCGM) şi Grupele sale de lucru (WG) din cadrul Biroului Internaţional de Măsuri şi Greutăţi (BIPM);
4. Să obţină punctul de vedere şi recomandările ISO/TAG 4 obţinute prin consens şi să-l comunice organelor internaţionale cu responsabilităţi în acest domeniu;
5. Să promoveze şi să coordoneze utilizarea *Vocabularului Internaţional de Termeni fundamentali şi Generali în Metrologie (VIM)* şi a *Ghidului de exprimare a incertitudinii de măsurare (ISO-GUM)*, apreciate ca importante documente de metrologie ştiinţifică, în Grupele Tehnice Consultative (TAG), Comitetele Tehnice (TC) şi Sub-comitetele lor Tehnice (SC) ISO;
6. Să identifice nevoile referitoare la introducerea şi utilizarea VIM-ului şi a ISO-GUM-ului ale tuturor factorilor interesaţi din industrie, furnizorilor de servicii, organizaţiilor internaţionale etc., prin intermediul Comitetelor Tehnice ISO (TC) şi al Sub-comitetelor (SC) ale acestora precum şi ale altor organe ISO care au reprezentanţi în Comitetul Reunit pentru Ghiduri în Metrologie (JCGM) şi în Grupele sale de lucru (WG) din cadrul Biroului Internaţional de Măsuri şi Greutăţi (BIPM);
7. Să promoveze, prin Comitetele Tehnice (CT) şi Sub-comitetele (SC), includerea acelor concepte de metrologie identificate de factorii interesaţi ca fiind absolut necesare activităţii curente în documentele Comitetului Reunit pentru Ghiduri în Metrologie (JCGM), în cele ale Comitetului Tehnic ISO/TC 12 precum şi în alte standarde ISO relevante;
8. Să acorde asistenţă Secretariatului Central ISO (ISO/CS) pentru asigurarea elaborării documentelor normative în conformitate cu VIM şi GUM;
9. Să acorde ajutor secretariatului ISO/TAG 4 pentru identificarea referenţilor corespunzători la standardele legate de metrologie, care sunt transmise la ISO pentru anchetă.

În contextul eforturilor internaţionale pentru introducerea şi aplicarea documentelor fundamentale de metrologie în cadrul unor standarde naţionale, România se înscrie în rândul ţărilor care au făcut paşi importanţi în această direcţie. Astfel, încă din anul 1996 a fost' adoptat standardul SR 13251 „Vocabularul Internaţional de Termeni Fundamentali şi Generali în Metrologie", document care are la bază definiţiile din Vocabularul Internaţional de Termeni Fundamentali şi Generali în Metrologie (VIM), ediţia a 2-a, 1993. De asemenea, în anul 1999, a fost adoptat standardul naţional SR 13434 „Ghid pentru evaluarea şi exprimarea incertitudinii de măsurare" versiune în limba română a Ghidului ISO „Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare", ediţia 1, publicat de ISO în anul 1993, corectat şi republicat în anul 1995.

Exprim alese mulţumiri conducerii BRML care m-a desemnat ca reprezentant al BRML-INM şi a sprijinit participarea la prima reuniune a ISO/TAG 4, Metrologie.

Mirella Buzoianu, INM

INFORMAȚII

1 Conferința EUROSENSORS, 2002

Începând din 1987, anul fondării ei, seria de conferințe Eurosensors a constituit singurul forum european care acoperă întreaga arie de sensori şi traductoare. Eurosensors XVI urmează conferinţelor ţinute la Cambridge 1987, Twente 1988, Montreux 1989, Karlsruhe 1990, Roma 1991, San Sebastian 1992, Budapesta 1993, Toulouse 1994, Stockholm 1995, Leuven 1996, Varşovia 1997, Southhampton 1998, Haga 1999, Copenhaga 2000 şi München 2001 şi este un prilej excelent pentru prezentarea stadiului actual în domeniul senzorilor, actuatorilor şi microsistemelor.

Comunicările vor fi supuse unor referenţi de prestigiu internaţional, în vederea prezentării în sesiunile orale sau poster. Lectorii invitaţi vor trata subiecte de actualitate, treceri în revistă ale stadiului prezent în direcţii importante ale domeniului.

În paralel cu sesiunile conferinţei va fi organizată o expoziţie a producătorilor de sensori şi instrumente înrudite.

Tematica include:

a) Subiecte generale şi teorie:
   Noi efecte şi principii
   Modelarea şi tehnologii de dezvoltare CAD
   Materiale noi şi caracterizarea lor
   Metode noi de prelucrare, microtehnologii
   Fiabilitate şi testabilitate
   Interconectare şi încapsulare
b) Dispozitive
   Sensori fizici
   Sensori chimici şi biosensori
   Actuatori
c) Aplicaţii şi sisteme
   Procesarea de semnale, interfeţe
   Etalonare, etaloane
   Arhitectura sistemelor
   Sensori inteligenţi
   Aplicaţii

Termenul pentru trimiterea rezumatelor (de 2 pagini) este **28 februarie 2002**, iar pentru textele integrale 15 iunie 2002. Informaţii pot fi obţinute de la pagina www:

http://eurosensors.cz

O selecţie a lucrărilor conferinţei va fi publicată de Elsevier într-un volum special al revistei Sensors and Actuators.

Adresa pentru corespondenţă este:

Eurosensors XVI

Czech Technical University, Faculty of Electrical Engineering Department of Measurement, Technická 2, CZ- 166 27, Praha 6, Czech Republic

E-mail: info@eurosensors.cz

Tel: + 420-2-24353945; Fax: + 420-2-33339929

2 Conferința internațională IMEKO TC3/TC5/TC20

Conferinţa, care va avea loc la Celle, Germania (în apropierea oraşelor Braunschweig şi Hannover), în zilele de **24-26 septembrie 2002**, are ca obiect metrologia domeniilor forţă, masă, cuplu, duritate şi construcţii. Este organizată de VDI/VDE – GMA (Asociaţia pentru Măsurări şi Reglaj Automat), PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) şi TUBS (Universitatea Tehnică din Braunschweig). Tematica acoperă întreaga gamă de aplicaţii industriale, traductoare noi, realizarea de noi etaloane şi aparatură. Sunt prevăzute, de asemenea, o expoziţie şi vizite tehnice la PTB Braunschweig şi la alte obiective de interes.

Sunt aşteptaţi participanţi din industrie, servicii de etalonare, institute de cercetare, universităţi şi institute naţionale de metrologie.

Domeniile principale ale conferinţei sunt:

Instrumentaţie şi metode
   Etaloane de masă, balanţe
   Etaloane şi instalaţii pentru forţă şi cuplu
Aspecte fundamentale
   Concepţii noi în metrologia masei şi tehnologia cântăririi

Măsurări de forţă şi cuplu în regim dinamic
Tehnici multi-componente în măsurările de forţă şi cuplu
Dezvoltarea metodei de indentaţie, aplicaţii
Metrologia forţei şi a cuplului în gamele micro şi nano

Trasabilitate şi diseminare
Proceduri şi echipamente de etalonare
Etaloane de transfer, incertitudini
Comparaţii inter-laboratoare
Acreditarea laboratoarelor

Aplicaţii
Aparate de cântărit şi celule de forţă
Traductoare de forţă şi de cuplu în robotică şi în automatizări
Noi căi în măsurarea durităţii
Maşini de încercare a materialelor
Sănătate, mediu

Structuri în construcţii
Dezvoltarea de sensori şi actuatori
Identificarea defectelor
Aplicaţii în construcţia de poduri, clădiri, tehnici nedistructive, monitorizare, decizii

Termenele importante sunt: trimiterea rezumatelor **31 decembrie 2001**; notificarea acceptării **15 martie 2002**; textele complete **31 mai 2002**.

Adresa pentru corespondenţă:

VDI/VDE – GMA
IMEKO TC3/TC5/TC20
Attn. Mrs. Ringelmann
P.O.Box 101139
40002 Düsseldorf, Germany
Tel.: +49 211 6214 228
Fax: +49 211 6214 161
E-mail: Ringelmann@vdi.de

3 Conferinţă internaţională asupra tehnicilor de conversie A/D şi D/A cu aplicaţii şi workshop de modelare şi testare a convertoarelor A/D

În zilele de **26-28 iunie 2002** va avea loc la Universitatea Tehnică Cehă din Praga conferinţa internaţională intitulată ***„4th International Conference on Advanced A/D and D/A Conversion Techniques and their Applications & 7th European Workshop on ADC Modelling and Testing"***, organizată de comitetul tehnic IMEKO TC4 „Măsurarea mărimilor electrice", Centrul Ceh al IEEE, Comitetul Naţional Ceh IMEKO, Universitatea Tehnică Cehă din Praga, facultatea de Electrotehnică, în colaborare cu IMEKO TC4 grupul de lucru WGADC „Metrologia ADC & DAC" şi IEEE TC10 „Comitetul de măsurare şi analiză a formei de undă".

Câteva termene importante:

- Trimiterea rezumatelor: **15 noiembrie 2001**
- Confirmarea acceptării: **15 ianuarie 2002**
- Expedierea textelor integrale şi înregistrarea: **28 februarie 2002**

Pentru informaţii poate fi consultat următorul site Internet:

http://measure.feld.cvut.cz/ADDA_EWADC

sau poate fi contactat:

Prof. Vladimir Haasz (ADDA&EWDAC)
Department of Measurement K338
Faculty of Electrical Engineering
Czech Technical University
Technicka 2, CZ-166 27 Prague 6
CZECH REPUBLIC
Tel.: +420 2 2435 2186
Fax: +420 2 3333 9929
E-mail: ADDA_EWADC@measure.feld.cvut.cz

4 Conferinţa internaţională PMAPS 2002 „Metode probabilistice aplicate la sistemele de putere"

Conferinţa PMAPS va avea loc la Napoli, Italia, în zilele de **22-26 septembrie 2002**, organizată de Societatea PMAPS, Universita di Cassino, IEEE, AEI şi IEE. În cadrul conferinţei se va desfăşura o sesiune specială referitoare la „Incertitudinea de măsurare în sistemele de putere", sub îngrijirea lui Renato Sasdelli de la Universitatea din Bologna, Italia.

Sesiunea are ca tematică principală aspecte privind:

- exprimarea incertitudinii măsurărilor efectuate prin metode probabilistice şi tehnici statistice;
- utilizarea tehnicilor statistice pentru evaluarea incertitudinii.

Rezumatele de o pagină trebuie trimise până la data de **26 octombrie 2001**.

Informaţii pot fi obţinute de pe Internet, la adresa:

www.pmaps2002.it

Adresa pentru corespondenţă generală privitoare la conferinţă este:
PMAPS 2002
2nd University of Naples
Via Roma, 29
I-81031 Aversa (CE), Italy
a/c Prof. A. Testa
E.mail: alfredo.testa@ieee.org

Pentru sesiunea specială corespondenţa trebuie adresată la:
Renato Sasdelli
Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Universita di Bologna
Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna, Italy
Tel.: +39 051 2093482
Fax: +39 051 2093470
E.mail: renato.sasdelli@mail.ing.unibo.it

5 Portalul Web Sensors

Portalul Web Sensors (http://sensorsportal.com) a fost actualizat în **17 octombrie 2001**. Printre altele, au apărut următoarele noutăţi:

- A fost deschisă o nouă subsecţie LISTA PRODUCĂTORILOR DE SENSORI DE GAZ
- Au fost introduse două pagini noi de LIBRĂRIE, conţinând titluri de cărţi din domeniul sensorilor
- Sensors & Transducers e-Digest, No. 10, October 2001 in DIGEST (produse noi ca: accelerometre, comutatoare de presiune, sensori de imagine etc.)

Actualizate:

- Secţiunile BIOSENSORI, sensori de TEMPERATURĂ, MAGNETICI, MECANICI (forţă), prezentare, funcţionare, aplicaţii
- Liste de producători de sensori de DEBIT, TEMPERATURĂ, MECANICI şi alţii, sensori digitali şi sensori cu ieşire în frecvenţă
- Secţiunea MARKETPLACE 2 (Revista pieţii de sensori)
- CURSURI DE FORMARE (link la cursuri gratuite online)
- PROIECTE (noi proiecte de colaborare)
- LINK-uri (revista de sensori chimici, noi evenimente)
- Trei noi numere ale publicaţiilor ,,Sensors and Actuators" (A: Physical şi B: Chemical), cu acces gratuit la articolele care vor apărea în noiembrie 2001
- ARIA MEMBRILOR (tehnologii GSI pentru noul mileniu, parteneri pentru proiecte, centre de furnizare a tehnologiilor, noutăţi aduse la zi)

Cărţi referitoare la sensori, care pot fi procurate online prin Amazon and WHSmith:

1. J. W. Gardner, Microsensors, MEMS and Smart Devices, 2001
2. Ramon Pallas-Areny, John G. Webster, Sensors and Signal Conditioning, 2001.
3. O. Gassmann, Sensors Applications, Volume 2, Sensors in Intelligent Buildings, 2001.
4. Wolfgang Menz, Microsystem Technology, 2001.
5. Francis Rouessac, Chemical Analysis: Modern Instrumental Methods and Techniques, English Edition, 2000.
6. Vijay K. Varadan, Microstereolithography and other Fabrication Techniques for 3D MEMS, 2001.
7. Jacques Buffle and George Horvai, 'In Situ' Monitoring of Aquatic Systems: Chemical Analysis and Speciation, 2001.
8. Ludwig Michalski, Temperature Measurement, 2nd Edition, 2001.
9. R. A. B. Devine, J. P. Duraud, E. Dooryhee, Structure and Imperfections in Amorphous and Crystalline Silicon Dioxide, 2000.
10. Henry Baltes, Sensors: A Comprehensive Survey, Update 9, 2001.

6 Software pentru calculul incertitudinii de măsurare conform GUM

O măsurare furnizează rezultate semnificative numai dacă acestea sunt însoţite de incertitudinea asociată.

ISO, împreună cu BIPM, CEI, IFCC, IUPAC, IUPAP şi OIML, a publicat în 1993 „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" (GUM), care dă o metodă specifică pentru evaluarea incertitudinii pentru orice tip de măsurare.

Utilizarea acestei metode nu este limitată la institutele naţionale de metrologie, ea este azi o cerinţă pentru laboratoarele de etalonare acreditate. Se poate prevedea că utilizarea acestei metode va deveni obligatorie, de asemenea, pentru firmele certificate (ISO 9000).

DFM (Danish Institute of Fundamental Metrology – Institutul de Metrologie Fundamentală din Danemarca) oferă un mijloc software pentru întocmirea bugetului de incertitudine şi calculul incertitudinii de măsurare conform GUM, sub forma unei fişe de lucru (şablon) Excel 7.0 sau 8.0. Utilizarea programului este simplă: se introduc estimările şi incertitudinile mărimilor de intrare, împreună cu funcţia modelată. Programul calculează incertitudinea standard compusă şi raportează rezultatul ca incertitudine extinsă, în funcţie de factorul de extindere ales. De asemenea, sunt daţi coeficienţii de influenţă/sensibilitate şi contribuţia fiecărei incertitudini componente. Se ţine seama de numărul de grade de libertate şi corelaţia dintre mărimile de intrare. Diferite bugete de incertitudine pot fi cuplate, astfel ieşirea unuia devine intrare pentru celălalt. Programul include un „on-line help" şi este livrat împreună cu exemple detaliate de utilizare.

Până în februarie 2001 programul DFM-GUM a fost cumpărat de peste 80 de firme din 17 ţări, printre care laboratoare şi companii de renume din Europa şi din America de Nord.

Programul poate fi comandat la adresa Info@dfm.dtu.dk la preţul de 270 Euro pentru versiunea cu un singur utilizator şi 670 Euro pentru utilizatori multipli (informaţie preluată de pe Internet: www.dfm.dtu.dk).

Aurel Millea, INM

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Műszaki Információs Központ és Könyvtár
2001

REGULI DE REDACTARE A ARTICOLELOR PENTRU REVISTA „METROLOGIE“

1 PRECIZĂRI GENERALE

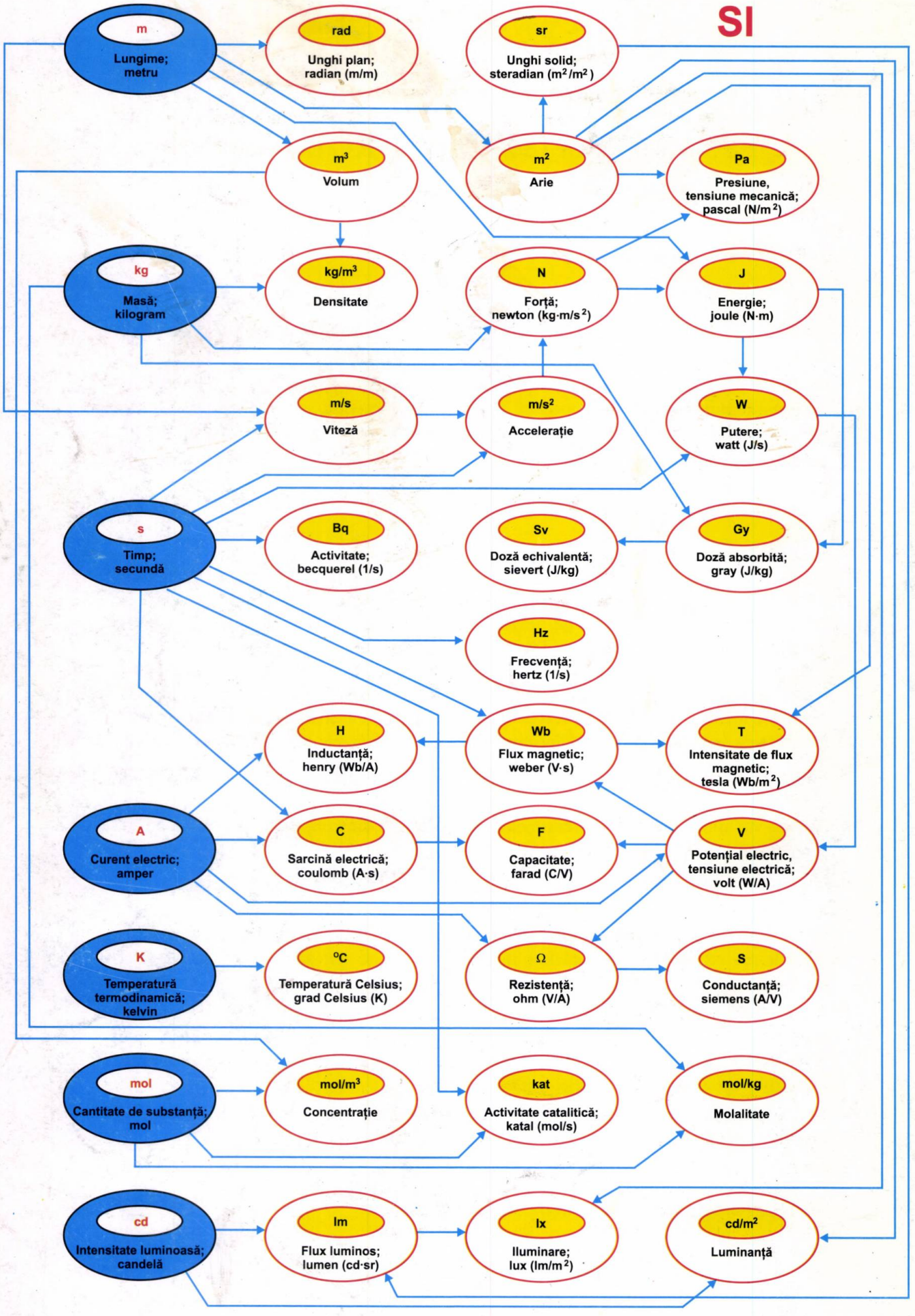
- Lucrările trimise spre publicare trebuie să reprezinte contribuţii originale ale autorului.
- Responsabilitatea pentru exactitatea afirmaţiilor ştiinţifice, a calculelor şi a rezultatelor experimentale din lucrări revine autorilor.
- Au prioritate lucrările trimise spre publicare însoţite de o recomandare semnată de o personalitate ştiinţifică recunoscută în domeniu, privind originalitatea, calitatea conţinutului ştiinţific şi a prezentării precum şi nivelul de interes pentru cititori.
- Redacţia îşi rezervă dreptul de a nu publica lucrările pe care le consideră necorespunzătoare. Manuscrisele nepublicate nu se înapoiază.

2 REGULI DE REDACTARE

- Articolele vor avea minimum 2 pagini, maximum 6 pagini, vor fi tehnoredactate pe calculator, folosind editorul de texte MICROSOFT WORD 97 sau o versiune anterioară a acestuia, cu caractere Times New Roman, corp de literă 12, şi vor fi trimise redacţiei pe dischetă însoţite de un exemplar tipărit. Desenele, în alb-negru, vor fi încorporate în articole şi, de asemenea, într-un fişier separat pe dischetă. Fişierele vor fi verificate înainte de a fi trimise la redacţie cu un program antivirus recent pentru a nu fi infectate cu viruşi. La controlul antivirus din redacţie, fişierele infectate vor fi distruse.
- Articolele trebuie să fie însoţite de rezumate de maximum 100 cuvinte în limbile engleză şi franceză.
- Autorii vor indica numele şi prenumele, titlul ştiinţific, funcţia, locul de muncă, adresa şi telefonul.
- Nu se admit prescurtări, în afară de cele recunoscute şi de largă utilizare.
- Scrierea şi utilizarea denumirilor şi a simbolurilor mărimilor, ale unităţilor de măsură precum şi ale multiplilor şi submultiplilor acestora şi, de asemenea, exprimarea şi prezentarea rezultatelor măsurărilor mărimilor fizice se vor face în conformitate cu recomandările BRML publicate în revista „Metrologie“ nr. 3-4 / 2001.
- Indicarea lucrărilor bibliografice se va face complet, specificându-se autorul/autorii, titlul în limba originală, editura, locul şi anul publicării, în cazul cărţilor, iar în cazul revistelor, autorul/autorii, titlul în limba originală, volumul, numărul, anul publicării, numărul paginii iniţiale şi al celei finale.
- Referinţele bibliografice vor fi marcate în text prin indicarea numărului lor de ordine, încadrat între paranteze drepte.

NOTĂ. Pentru detalii suplimentare contactaţi redacţia.

SI


m
Lungime; metru
rad
Unghi plan; radian (m/m)
sr
Unghi solid; steradian (m²/m²)
m³
Volum
m²
Arie
Pa
Presiune, tensiune mecanică; pascal (N/m²)
kg
Masă; kilogram
kg/m³
Densitate
N
Forță; newton (kg·m/s²)
J
Energie; joule (N·m)
m/s
Viteză
m/s²
Accelerație
W
Putere; watt (J/s)
s
Timp; secundă
Bq
Activitate; becquerel (1/s)
Sv
Doză echivalentă; sievert (J/kg)
Gy
Doză absorbită; gray (J/kg)
Hz
Frecvență; hertz (1/s)
H
Inductanță; henry (Wb/A)
Wb
Flux magnetic; weber (V·s)
T
Intensitate de flux magnetic; tesla (Wb/m²)
A
Curent electric; amper
C
Sarcină electrică; coulomb (A·s)
F
Capacitate; farad (C/V)
V
Potențial electric, tensiune electrică; volt (W/A)
K
Temperatură termodinamică; kelvin
°C
Temperatură Celsius; grad Celsius (K)
Ω
Rezistență; ohm (V/A)
S
Conductanță; siemens (A/V)
mol
Cantitate de substanță; mol
mol/m³
Concentrație
kat
Activitate catalitică; katal (mol/s)
mol/kg
Molalitate
cd
Intensitate luminoasă; candelă
lm
Flux luminos; lumen (cd·sr)
lx
Iluminare; lux (lm/m²)
cd/m²
Luminanță

108 000